



## **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

### **“EFECTO DEL BALANCE ENERGÉTICO NEGATIVO SOBRE EL DESARROLLO OVÁRICO EN VACAS LECHERAS POSPARTO”.**

**LOURDES ANITA ULLOA ULLOA**

**Trabajo de Titulación, modalidad: Proyecto de Investigación y Desarrollo de la  
Maestría en Reproducción Animal, mención Reproducción Bovina, presentado  
como requisito parcial para la obtención del grado de:**

**MAGÍSTER EN REPRODUCCIÓN ANIMAL MENCIÓN  
REPRODUCCIÓN BOVINA**

**Riobamba – Ecuador**

**Diciembre 2019**



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**CERTIFICACIÓN**

EL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El trabajo de titulación modalidad proyectos de investigación y desarrollo, titulado “Efecto del balance energético negativo sobre el desarrollo ovárico en vacas lecheras posparto.”, de responsabilidad del Sra. **Lourdes Anita Ulloa Ulloa**, ha sido prolijamente revisado y se autoriza su presentación.

**Tribunal:**

Ing. Julio Cesar Benavides Lara; Mg.

**PRESIDENTE**

FIRMA

Dr. Marco Antonio Rosero Peñaherrera; Mg.

**DIRECTOR**

FIRMA

Dr. Hermógenes René Chamba Ochoa; Mg.

**MIEMBRO**

FIRMA

Dr. Euclides Efraín Lozada Salcedo; Mg.

**MIEMBRO**

FIRMA

Riobamba, diciembre de 2019

## **DERECHOS INTELECTUALES**

Yo, **Lourdes Anita Ulloa Ulloa**, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, y que el patrimonio intelectual generado por la misma pertenece exclusivamente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.



---

Lourdes Anita Ulloa Ulloa  
**C.I. 020169317-3**

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, **Lourdes Anita Ulloa Ulloa**, declaro que el presente Trabajo de Titulación modalidad proyectos de investigación y desarrollo, es de mi autoría y que los resultados del mismo proyecto son auténticos y originales los textos constan en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este proyecto de investigación de maestría.

Riobamba, diciembre del 2019.

---

**LOURDES ANITA ULLOA ULLOA**

**C.I. 020169317-3**

## **DEDICATORIA**

### **A Dios.**

Por haberme dado sus infinitas bendiciones así poder disfrutar de la vida, de mi familia y estudios, por darme la fuerza para superar todos los obstáculos y permitirme dar pasos firmes en mi camino hasta llegar alcanzar esta meta.

### **A mis padres Estuardo y Rosaura.**

Por haberme apoyado en todo instante, por sus ejemplos de perseverancia, lucha, disciplina, trabajo, valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, por su apoyo constante para llegar a feliz término de la investigación.

### **A mi hermano Evaristo (+)**

Por ser un ejemplo de superación, por compartir nuestras vivencias, porque estoy segura que desde el Cielo ilumina mis pasos.

### **A mis hijos Estuardo y Guadalupe**

Por ser el motor fundamental de mi esfuerzo, de mis sueños, todo el esfuerzo que hago en mi vida es para brindarles un futuro mejor.

### **A mí esposo Carlos**

Por ser compañero de vida, de profesión y por ser partícipe de este proceso y por aportar con un granito de arena en el desarrollo de mí trabajo de investigación.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, al Instituto de Posgrado y Educación Continua por permitirme realizar mi maestría y aceptarme como estudiante de posgrado.

A la Dra. Miryam Solís y al Ing. Danilo Velasco por aceptar para realización de la tesis en la hacienda de Unidad de producción Cunchibamba propiedad de Instituto Luis A. Martínez.

Al Dr. Marco Rosero por admitir ejecutar mi Tesis bajo su dirección, por brindarme su confianza, sus enseñanzas, por sus aportes valiosos e importantes para el desarrollo de esta investigación en mi formación como profesional e investigadora.

Al Dr. Rene Chamba por sus apreciables aportaciones, enseñanzas, acompañamiento durante la toma de datos en campo y en el desarrollo de esta investigación, sin duda alguna son de gran importancia para mi crecimiento profesional.

Al Dr. Efraín Lozada por su tiempo y esfuerzo dedicado con gran sabiduría y paciencia.

A ustedes, mi agradecimiento, ya que fueron pilares fundamentales para el desarrollo de esta investigación, darle gracias por educar con excelencia y creer en la educación la misma que representa el desarrollo de la sociedad.

**Anita**

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	xí
SUMMARY .....	xiv
<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Planteamiento del problema .....	2
1.1.1. Formulación del problema.....	4
1.3. Justificación de la Investigación .....	5
1.4. Objetivos de la Investigación.....	8
<i>1.4.1 Objetivo general</i> .....	8
<i>1.4.2 Objetivos específicos</i> .....	8
1.5 Hipótesis .....	8
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>9</b>
<b>2 MARCO DE REFERENCIA.....</b>	<b>9</b>
2.1 Antecedentes .....	9
2.2 Bases teóricas.....	12
<i>2.2.1 Periodo de transición</i> .....	12
<i>2.2.2 Suplementación en periodo de transición</i> .....	13
<i>2.2.3 Balance energético</i> .....	16
<i>2.2.4 Efecto del BEN sobre el comportamiento reproductivo</i> .....	18
<i>2.2.5 Desbalances metabólicos</i> .....	20
<i>2.2.6 Reinicio de la actividad ovárica postparto</i> .....	21
<i>2.2.7 Fisiología reproductiva del bovino</i> .....	22
2.2.7.1. Control Neurológico del Ciclo Estral. ....	22
2.2.7.2. Hipotálamo. ....	23
2.2.7.3. Hipófisis. ....	23
2.2.7.4. Ovarios. ....	24
2.2.7.5. Útero. ....	24
<i>2.2.8. Ciclo Estral</i> .....	24
2.2.8.1 Fase Folicular. ....	25
2.2.8.2. Fase Periovulatoria. ....	25
2.2.8.3. Fase Luteal.....	26
<i>2.2.9. Dinámica Folicular Bovina</i> .....	27
2.3 Marco conceptual.....	28

<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>31</b>
<b>3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>31</b>
3.1 Identificación de Variables.....	31
<b>3.1.1 Variable Independiente</b> .....	<b>31</b>
<b>3.1.2 Variable Dependiente</b> .....	<b>31</b>
3.2 Cuadro de operacionalización de variables. ....	32
3.3 Matriz de consistencia .....	33
3.4 Metodología.....	35
3.5 Diseño de Investigación.....	35
3.6 Métodos de investigación .....	36
3.7 Enfoque de la Investigación.....	36
<b>3.7.1 El enfoque cuantitativo</b> .....	<b>36</b>
<b>3.7.2 El enfoque cualitativo</b> .....	<b>37</b>
3.8 Alcance de investigación .....	37
3.9 Población de estudio .....	37
3.10 Unidad de análisis.....	37
3.11 Selección de la muestra .....	38
3.12 Tamaño de la muestra.....	38
3.13 Técnicas de recolección de datos primarios .....	39
<b>3.13.1 Pasos para tomar las muestras de sangre</b> .....	<b>39</b>
3.14 Manejo de las muestras en estudio .....	40
<b>3.14.1 Transporte de la muestra</b> .....	<b>40</b>
3.15 Instrumentos de recolección de datos primarios y secundarios.....	41
<b>3.15.1 Procesamiento de datos recopilados</b> .....	<b>41</b>
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>43</b>
<b>4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>43</b>
4.1 Balance energético negativo en vacas lecheras en periodo posparto.....	43
4.2 Desarrollo de estructuras ováricas .....	48
<b>4.2.1 El BEN y el tamaño de los folículos</b> .....	<b>48</b>
<b>4.2.2 El BEN y la presencia de cuerpo lúteo</b> .....	<b>52</b>
4.3 El periodo posparto y la aparición del primer celo.....	54
<b>4.3.1 El BEN y la presencia del primer celo posparto</b> .....	<b>56</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>59</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>60</b>



**BIBLIOGRAFÍA**

**ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1 - 4.</b> Caracterización de las vacas lecheras en periodo temprano, medio o tardío en función del nivel de insulina en sangre (UI).....	44
<b>Tabla 2 - 4.</b> Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para grupos independientes para el contraste entre el periodo posparto y los niveles de insulina plasmática en sangre. ..	45
<b>Tabla 3 - 4.</b> Comparaciones entre parejas de los grupos conformados mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. ....	46
<b>Tabla 4 - 4.</b> Caracterización de las vacas lecheras con presencia o ausencia de BEN en relación al tamaño de los folículos (mm). ....	48
<b>Tabla 5 - 4.</b> Prueba t Student de muestras independientes para la comparación de los grupos de vacas con presencia y ausencia de BEN y el tamaño de los folículos. ....	49
<b>Tabla 6 - 4.</b> Tabla de contingencia que indica la distribución del tamaño de los folículos categorizado (0-5 mm, 5-9 mm, 10 mm o más) dentro de la variable BEN (presencia o ausencia). ....	50
<b>Tabla 7 - 4.</b> Pruebas de Chi-cuadrado para contrastar la dependencia probabilística entre el tamaño de los folículos (categorías de 0-5 mm, 5-9 mm, 10 mm o más) dentro de la variable BEN (presencia o ausencia). ....	50
<b>Tabla 8 - 4.</b> Tabla de contingencia que indica la distribución de las categorías de presencia de cuerpo lúteo en los ovarios dentro de BEN (presencia o ausencia). ....	52
<b>Tabla 9 - 4.</b> Pruebas de Chi-cuadrado para contrastar la dependencia probabilística entre las categorías de presencia de cuerpo lúteo en los ovarios (si o no) y la presencia o ausencia de BEN. ....	53
<b>Tabla 10 - 4.</b> Caracterización de las vacas lecheras en periodo temprano, medio o tardío en función a los días del primer celo posparto. ....	54
<b>Tabla 11 - 4.</b> Análisis de varianza de un factor intersujetos para la variable PCPP (días) en función de los grupos de vacas creados a partir del periodo posparto. ....	55
<b>Tabla 12 - 4</b> Caracterización de las vacas lecheras con presencia o ausencia de BEN en función a la aparición del primer celo posparto (días). ....	57
<b>Tabla 13 - 4</b> Prueba t de Student de muestras independientes para la comparación de los grupos de vacas con presencia y ausencia de BEN y la presencia de celo posparto (días). ....	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1.</b> Diferentes enfermedades relacionadas con el estrés metabólico de vacas lecheras en sistemas confinados (Sordillo y Mavangira, 2014) y pastoril (Sepúlveda et al., 2015). <b>Fuente:</b> Sepúlveda et al. (2017).....	6
<b>Figura 1-2.</b> Distribución de la energía en los procesos metabólicos que ocurren en una vaca lechera. <b>Fuente:</b> Maynard et al. (1989). .....	10
<b>Figura 2-2.</b> Efecto de la temperatura en el consumo de materia seca, requerimientos de energía para mantenimiento y ganancia de energía en vacas lecheras. <b>Fuente:</b> Ames (1988). .....	11
<b>Figura 3-2.</b> Etapas comprendidas en un ciclo productivo de una vaca lechera. <b>Fuente:</b> Sepúlveda et al. (2017). .....	13
<b>Figura 4-2.</b> Variación en el consumo de materia seca por vaca durante los días del período de transición (momento del parto = 0). <b>Fuente:</b> Sepúlveda et al. (2017). .....	14
<b>Figura 5-2.</b> Consumo diario de materia seca (% del peso vivo) de vacas Holstein con diferente condición corporal (promedio con su desviación estándar) en el período de transición preparto. <b>Fuente:</b> Sepúlveda <i>et al.</i> (2017) adaptado de Hayirli <i>et al.</i> (2002). .....	15
<b>Figura 6-2.</b> Representación esquemática de los efectos del BEN sobre los órganos, el metabolismo, la fertilidad y el sistema inmune. <b>Fuente:</b> Martens (2012). .....	19
<b>Figura 7-2.</b> Porcentaje que alcanzan las concentraciones plasmáticas de hormonas durante los días previos y posteriores al parto (día = 0). <b>Fuente:</b> Adaptado de De Garis y Lean (2010).....	22
<b>Figura 1-3.</b> Ubicación geográfica de la parroquia Cunchibamba.....	35

## INDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-4.</b> Diagrama de caja y sesgos que muestra los niveles de insulina plasmática en sangre por cada conjunto de vacas lecheras agrupadas en posparto temprano, medio y tardío.....	44
<b>Gráfico 2-4.</b> Medias de insulina plasmática en sangre (UI) para vacas lecheras agrupadas según el periodo posparto en que se encuentran (temprano, medio y tardío). *Letras diferentes difieren estadísticamente para un p-valor<0,05 (Kruskal-Wallis).....	47
<b>Gráfico 3-4.</b> Gráfico de barras que muestra el recuento y porcentaje de las categorías de tamaño de los folículos dentro las reproductoras con presencia o ausencia de BEN. <b>Fuente.</b> Elaboración propia.....	51
<b>Gráfico 4-4.</b> Diagrama de dispersión que muestra la ecuación del modelo que mejor predice el tamaño de los folículos en función de los niveles de insulina plasmática en sangre. <b>Fuente.</b> Elaboración propia. ....	52
<b>Gráfico 5-4.</b> Recuento y porcentaje de la presencia de cuerpo lúteo en los ovarios dentro de presencia o ausencia de BEN. <b>Fuente.</b> Elaboración propia. ....	53
<b>Gráfico 6-4.</b> Diagrama de caja y sesgos que muestras la distribución de los días al primer celo posparto en los grupos estudiados. <b>Fuente.</b> Elaboración propia. ....	55
<b>Gráfico 7-4.</b> Presencia de celo después de parto (días) en los diferentes grupos de vacas en función del periodo posparto. *Letras diferentes difieren estadísticamente para un p-valor <0,05 (prueba paramétrica de Duncan). ....	56
<b>Gráfico 8-4.</b> Presencia de celo después de parto (días) en función de las vacas lechereas agrupadas con presencia o ausencia de BEN. *Letras diferentes difieren estadísticamente para un p-valor <0,05 (prueba t Student para muestras independientes). ....	58

## ÌNDICE DE ANEXOS

**ANEXO A.** Prueba de normalidad de datos para la variable Insulina plasmática en sangre (UI) dentro de cada periodo de posparto.

**ANEXO B.** Prueba de homogeneidad de varianzas para la variable niveles de Insulina plasmática en sangre (UI) dentro de cada periodo de posparto.

**ANEXO C.** Prueba de normalidad de datos para la variable presencia del primer celo posparto dentro de cada periodo posparto.

**ANEXO D.** Prueba de homogeneidad de varianzas para la variable presencia del primer celo posparto dentro de cada periodo posparto.

**ANEXO E.** Toma de muestras de sangre.

**ANEXO F.** Ecografía que muestra el tamaño de la estructura ovárica.

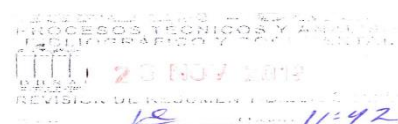
**ANEXO G.** Resultados del laboratorio clínico sobre la variable niveles de insulina plasmática en sangre en cada grupo de vacas conformado.

**ANEXO H.** Estrategias de alimentación en vacas periparto

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del balance energético negativo, sobre el desarrollo ovárico; así como la presentación del primer celo, en vacas lecheras en el periodo posparto. El balance energético negativo en vacas lecheras en periodo posparto, puede generar trastornos metabólicos, asociados a enfermedades que afectan la condición reproductiva y productiva de las hembras bovinas. Para ello, se realizaron tres grupos, en relación al periodo posparto de las unidades experimentales; grupo uno, periodo posparto temprano; grupo dos, periodo posparto medio y el grupo tres de periodo posparto tardío; de las cuales se extrajo una muestra sanguínea para determinar los niveles de insulina plasmática, así como la determinación del desarrollo de estructuras ováricas, mediante chequeos ecográficos seriados, y la observación del tiempo de presentación del primer celo después del parto. Las vacas lecheras cuando presentan niveles de insulina plasmática en rangos menores a 3,3 UI/ml son afectadas por el estado de balance energético negativo, el cual influye significativamente en el desarrollo de folículos y cuerpo lúteo. Se comprobó que la presencia de Balance Energético Negativo (BEN) en vacas lecheras influye negativamente en el desarrollo de estructuras ováricas y en el período para la presentación del primer celo posparto, incrementando el porcentaje de días en el hato. Se recomienda realizar investigaciones sobre la influencia del BEN sobre los parámetros relativos al equilibrio catión-anión dietario y su influencia en el desempeño reproductivo, calidad inmunológica del calostro.

**Palabras claves:** TECNOLOGÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS, GANADERÍA, HOLSTEIN MESTIZA, PERIODO POSPARTO, INSULINA PLASMÁTICA, BALANCE ENERGÉTICO NEGATIVO (BEN), ESTRUCTURAS OVÁRICAS, CUERPO LÚTEO, CELO POSPARTO.



## SUMMARY

The objective of the present study was to evaluate the effect of the negative energy balance, on ovarian development; as well as the presentation of the first heat, in dairy cows in the postpartum period. The negative energy balance in dairy cows in the postpartum period can generate metabolic disorders, associated with diseases that affect the reproductive and productive condition of bovine females. For this, three groups were carried out, concerning the postpartum period of the experimental units; group one, early postnatal period; group two, middle postpartum period and group three of the late postpartum period; from which a blood sample was taken to determine plasma insulin levels, as well as the determination of the development of ovarian structures, through serial ultrasound checks, and the observation of the presentation time of the first heat after delivery. Dairy cows when they have plasma insulin levels in ranges below 3.3 UI/ml are affected by the state of negative energy balance, which significantly influences the development of follicles and corpus luteum. The presence of Negative Energy Balance (NEB) found in dairy cows has a negative influence on the development of ovarian structures and the period for the presentation of the first postpartum heat, increasing the percentage of days in the herd. It is recommended to research the influence of the NEB on the parameters related to the dietary cation- anion equilibrium and its impact on reproductive performance, immunological quality of colostrum.

*Keywords:* AGRICULTURAL TECHNOLOGY AND SCIENCES, LIVESTOCK, HOLSTEIN MESTIZA, POST DELIVERY PERIOD, PLASMATIC INSULIN, NEGATIVE ENERGY BALANCE (NEB), OVARIC STRUCTURES, MILK BODY, POSTPARTUM CELO.



# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la producción de leche bovina constituye uno de los principales rubros de producción, por el aporte nutricional que realiza en la dieta de millones de personas y de exportación, concentrada en EEUU, Unión Europea, Nueva Zelanda, Australia, Brasil, Argentina y Uruguay, aunque hasta finales de 2018, se ha presentado un aumento moderado de la producción (Agrodigital, 2019).

En Ecuador la producción de leche es uno de los principales renglones, produciéndose 5,4 millones de litros (MAGAP, 2016), constituyendo sustento para más de millón y medio de personas (MAGAP, 2014).

La vaca lechera en el periodo de lactación temprana, entra en un estado de balance energético negativo ya que la energía que requiere para mantenimiento y producción de leche es mayor que la energía que obtiene con el consumo de la dieta, por lo que no se cubren los requerimientos nutricionales energéticos y las cubre con reservas de energía en el hígado (glucógeno) hasta agotarlas, lo que provoca hígado graso y pérdida de peso (FATRA, 2018).

Según Risco y Melendez (2011), Rovers (2014) y Reece (2015) posteriormente al parto de la vaca se produce una depresión en la ingesta de alimentos que causa una movilización de las reservas grasas y proteicas que genera un BEN que origina diversas enfermedades, encontrándose entre las más importantes la cetosis subclínica, hipocalcemia y el hígado graso; así como un comprometimiento de la salud reproductiva, que provoca una predisposición en las vacas a una afectación por retención de placenta e infecciones uterinas.

Las vacas en producción de leche no ingieren las cantidades de alimentos necesarias para suplir la elevada exigencia nutricional determinada por la alta producción de leche (Santos



*et al.*, 1993); por lo que, es necesario el incremento del consumo de materia seca (MS), lo que permite minimizar la duración del BEN después del parto. Una desnutrición aguda en vaquillas deteriora de forma inmediata el crecimiento folicular y la ovulación.

### **1.1 Planteamiento del problema**

En Ecuador la producción de leche constituye uno de los renglones de mayor importancia dentro del sector agropecuario nacional. Según el antiguo Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) hoy Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), en el país se producen 5,4 millones de litros de leche diariamente (MAGAP, 2016) de los cuales entre el 25 y 32% se destinan a consumo de terneros y el resto para consumo humano e industrial, generándose \$1.600 millones en ventas anuales, y de acuerdo a lo declarado por la Asociación de Ganaderos de la Sierra y el Oriente (AGSO) no menos de un millón y medio de personas viven directa e indirectamente de esta actividad (MAGAP, 2014).

Según el MAGAP (2017) el apoyo gubernamental a los productores de leche se realiza mediante el Programa de Innovación Tecnológica, con asistencia técnica direccionada al fortalecimiento organizativo de los productores y al manejo sanitario y nutricional específico para bovinos lecheros.

En la actualidad en los sistemas ganaderos es común el establecimiento de métodos de alimentación de animales a base de forrajes, con alta utilización de fertilizantes nitrogenados (Carvajal *et al.*, 2012) y suplementos alimenticios, ricos en proteínas y carbohidratos solubles (Rueda *et al.*, 2006), en los cuales la principal preocupación de los productores ha sido la cantidad de leche producida (Calderón *et al.*, 2006), sin tener en cuenta su calidad; afectaciones en la reproducción de los animales, número de partos, salud y bienestar de las reproductoras, balance energético posparto, así como, las alteraciones provocadas al medio ambiente y los altos costos de producción (Gallego *et al.*, 2014).

La alimentación es el factor más importante a tener en cuenta en la producción ganadera, lo que se atribuye directamente a la alta demanda energética requerida por el ganado vacuno para sostener la producción de leche con estándares de calidad deseados, además, de relacionarse directamente con una buena salud en el hato ganadero, lo cual genera una mayor productividad en las fincas ganaderas (Solarte *et al.*, 2012).

Según Carmona *et al.* (2005) la eficiencia energética de los sustratos alimenticios fermentados en el rumen presentan variaciones que dependen de las características de la dieta y las emisiones de gas metano, que producen pérdidas a través del eructo; por lo que, una adecuada manipulación de la dieta de los rumiantes, en condiciones tropicales donde los sistemas de producción ganadera presentan bajos rendimientos atribuido a la utilización de dietas de baja calidad, es una alternativa viable para aminorar la producción de metano y disminuir pérdidas energéticas en los animales.

Por otro lado, en la especie bovina, en los últimos años, se ha desarrollado un efectivo mejoramiento genético enfocado en el incremento de la producción de leche; aunque con un deterioro en la longevidad de las vacas. Según Knaus (2009), en los últimos 25 años se ha reducido el promedio de partos en razas especializadas de 3,3 a 3, que se asocia con una disminución drástica en el consumo de la materia seca que las hace susceptibles a cetosis y lipidosis (Gerloff, 2000), además, se genera en la vaca lechera, un déficit energético donde el catabolismo puede llegar a alcanzar magnitudes excesivas (Galvis y Correa, 2002).

La diferencia energética que se produce entre las necesidades del animal y los aportes alimentarios realizados por el consumo de alimentos se denomina balance energético, el cual comienza a modificarse entre las dos o cuatro semanas últimas de la gestación, momento en el que produce un aumento significativo de las necesidades de energía de los animales, atribuidos al desarrollo fetal y la síntesis de calostro; condiciones que se refuerzan debido a la disminución en la ingestión de materia seca (Garmedia, 2005; Calsamiglia, 2005).

En vacas lecheras altamente productoras, el período del parto constituye un momento crítico que afecta su metabolismo (Goff y Horst, 1997) y deprime su sistema inmune, además de su salud y fertilidad (Goff, 2006), motivo por el cual durante dicho período los factores más importantes son las fluctuaciones hormonales y metabólicas, dentro de las que se destacan el balance energético negativo, escasez de proteínas, minerales y vitaminas relacionadas con las demandas de un feto maduro y la lactancia (Mordak y Stewart, 2015).

En vacas que presentan un Balance energético negativo pronunciado se produce una elevada movilización y oxidación de fracciones lipídicas que impiden la infiltración grasa del hígado (Bronicki *et al.*, 1996; Kampl *et al.*, 1995), condición que favorece la exportación de sustratos lipídicos energéticos desde el tejido adiposo hasta la circulación sanguínea (Galvis *et al.*, 2007); lo cual genera una afectación en la salud y fertilidad en las reproductoras.

Por tanto, el equilibrio energético en vacas lecheras se encuentra condicionado por la diferencia que se produce entre el consumo y los requerimientos de energía libre, necesaria para mantener la producción de leche (Campos *et al.*, 2004). Un déficit energético en animales lactantes puede ser más severo en dependencia de la producción de leche, adaptación al ambiente y la calidad y cantidad de alimento ofrecido; y genera activación de gluconeogénesis, así como la movilización de las reservas lipídicas, que implican una pérdida de peso de la reproductora durante el período lactacional (Kaneko *et al.*, 1997).

El conocimiento del metabolismo de los lípidos y su biosíntesis constituye un elemento importante, ya que estos son transportados hasta los tejidos periféricos, por medio del plasma y la linfa, unidos a lipoproteínas (Sommer, 1999), y son responsables de realizar funciones fisiológicas vitales que permiten el normal funcionamiento del organismo (Osorio y Vinazco, 2010).

### **1.1. Formulación del problema**

La Unidad Educativa de Producción Cunchibamba, parroquia Cunchibamba, cantón Ambato, provincia de Tungurahua carece de estudios realizados para diagnosticar posibles afectaciones generadas por el Balance Energético Negativo y que se relacionan con el desarrollo de estructuras ováricas en vacas lecheras en posparto, alimentación, producción obtenida, tiempo de producción posparto, número de partos, todo lo cual repercute en la eficiencia productiva del hato ganadero y en la economía de los productores.

De todo lo anterior surge el siguiente problema de investigación:

¿El balance energético negativo de vacas lecheras en periodo posparto, influye sobre el desarrollo de las estructuras ováricas y la aparición del primer celo después del parto en reproductoras bovinas?

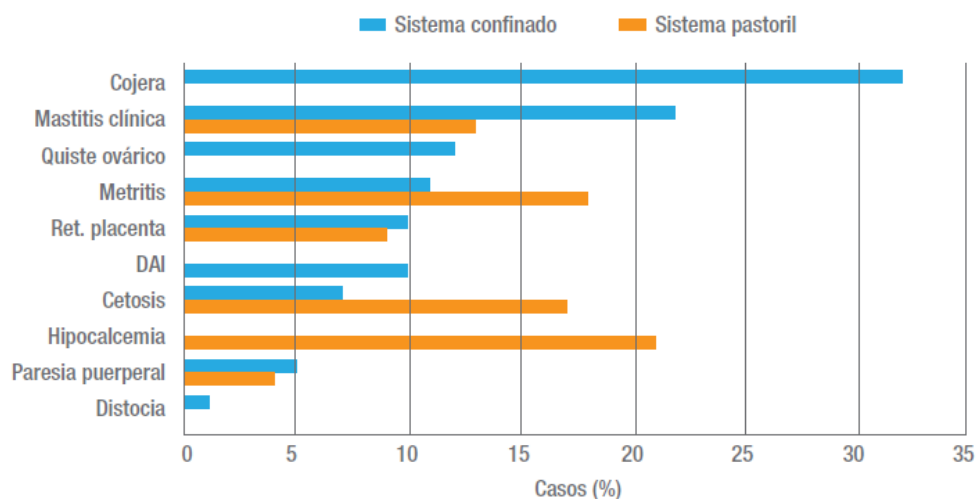
### 1.3. Justificación de la Investigación

LeBlanc (2014) define que en el período de transición se establecen los fundamentos de la fertilidad en las vacas lecheras, etapa en la que se puede detectar un balance energético negativo excesivo, el cual constituye un factor de riesgo decisivo que condiciona enfermedades en el aparato reproductor y deterioro o demora en el retorno del ciclo estral fértil; y la aparición de enfermedades metabólicas y reproductivas.

En lecherías de transición, es importante el metabolismo energético de las vacas, factor que se encuentra relacionado con las dosis de alimentos ofrecidos y la reproducción; debido a que en este periodo, el ganado lechero hace resistencia a la insulina, reduce su consumo de alimento, presenta un balance energético negativo, reduce su función inmune y se genera contaminación bacteriana del útero antes, o en las semanas posteriores al parto, lo que provoca que el 33,3% de vacas lecheras en la lactancia temprana, presenten afectaciones de enfermedades metabólicas o infecciosas (LeBlanc, 2010).

Atkinson (2016) delimita al período de parto como una fase de alto riesgo para las vacas lecheras, debido a que en esta fase pueden ocurrir trastornos entre los que se encuentran la fiebre de la leche, abomaso desplazado, cetosis clínica, metritis, mastitis y endometritis, que reducen la fertilidad posterior de las reproductoras; además, establece que a medida que la vaca presenta un mayor potencial de producción de leche, se incrementa la posibilidad de padecer algunos de los trastornos descritos anteriormente.

Según lo planteado por Sepúlveda *et al.* (2017), Entre el 30 y el 50% de vacas lecheras padecen al menos de una enfermedad durante el período de transición, entre las que se encuentran las metabólicas como las hipocalcemias, cetosis, hipomagnesemias y desplazamiento del abomaso; y las infecciosas, donde se tienen la mastitis y la metritis las que provocan una disminución de la productividad, aumento en la tasa de reposición y afectación al bienestar animal.



**Figura 1-1** Diferentes enfermedades relacionadas con el estrés metabólico de vacas lecheras en sistemas confinados (Sordillo y Mavangira, 2014) y pastoril (Sepúlveda et al., 2015).

**Fuente:** Sepúlveda et al. (2017).

Asociado a lo descrito anteriormente, se debe tener en cuenta que el tipo de manejo desarrollado en la vaca lechera durante el período de transición se considera como un factor decisivo en la vida de una vaca en producción; debido a que presenta repercusiones en la salud y bienestar de los animales, además de determinar su vida productiva y reproductiva futura.

Por tanto, una alta eficiencia reproductiva en el ganado lechero requiere de un período de transición donde no se presenten, en los períodos preparto y postparto temprano, enfermedades metabólicas como el Balance energético negativo; el cual disminuye la frecuencia en los pulsos de la hormona luteinizante (LH), el índice de crecimiento y diámetro de los folículos dominantes (FD), el factor de crecimiento insulínico-I (GF-I), la glucosa, las concentraciones de insulina, además, que no se produzcan incrementos de la hormona del crecimiento (GH) y ciertos metabolitos sanguíneos. Todo lo anterior repercute en la pérdida de la condición corporal y en el alto porcentaje de vacas en anestro en los hatos ganaderos (Filho *et al.*, 2010).

Las vacas cuando llegan al parto con baja reserva corporal y con un BEN presentan una mayor probabilidad de padecer enfermedades infecciosas, trastornos metabólicos, reducción en la producción de leche y baja eficiencia reproductiva (Patton *et al.*, 2008), que influyen en el sistema nervioso central, a través de la inhibición de la síntesis y liberación de GnRH, LH y FSH; así como en el ovario, por influir en la síntesis de esteroides, los

que inducen cambios en la dinámica folicular, tamaño del folículo y calidad del ovocito. Además, pueden afectar otras enfermedades, de forma indirecta conectadas a un balance energético negativo, entre las que se encuentran la metritis, la mastitis clínica, desplazamiento del abomaso y disturbios digestivos (Ingvartsen, 2006, Mulligan *et al.*, 2006).

Según Ramírez (2013) en los rumiantes, en la época de posparto, los perfiles metabólicos se encuentran determinandos por:

1. Aumento de la movilidad de los ácidos grasos no esterificados (Nefas) en el tejido adiposo.
2. Incremento en la proteólisis muscular.
3. Menor utilización de glucosa periférica.
4. Variabilidad en la concentración de leptinas.
5. Disminución en el complejo Insulina-IGF-I.
6. Cambios en los niveles de estradiol, progesterona y gonadotropinas.

Un Balance energético negativo en vacas lecheras puede tener efectos deletéreos sobre el folículo o el cuerpo lúteo por la disminución de la concentración de los IGF-I y la esteroidogénesis.

Según Argov *et al.* (2004) la disminución de insulina-IGF-I influye sobre la ovulación al aumentar la sensibilidad de gonadotropinas en folículos mayores de 5 mm y actúa sinérgicamente con la LH, aumentando el crecimiento y diferenciación del cuerpo luteo.

Para reducir el desbalance metabólico es necesario aumentar el consumo de alimento de las vacas cerca al parto, lo cual prepara a las reproductoras para un mayor consumo de después del parto y de esta forma se podrían reducir los desórdenes metabólicos. Según Pushpakumara *et al.* (2003) cuando se ofertan dietas con mayor densidad de energía se estimula la papila ruminal y se incrementa la absorción de ácidos grasos y la población microbiana. Sin embargo, cuando se emplean dietas con alto contenido proteico en el período posparto incrementan las concentraciones de urea en la sangre y afectan la fertilidad. Además, se presentan otras limitaciones relacionadas con desordenes ruminales, disminución de la grasa en leche y presencia de acidosis (Ramírez, 2013).

Por todo lo descrito anteriormente, surge la idea de investigación relacionada con el conocimiento de la influencia que produce un balance energético negativo, en el período de parto, sobre el desarrollo ovárico en vacas lecheras bajo un sistema de alimentación a base de pastos en una granja de Tungurahua, debido a que no se le concede la importancia necesaria a la nutrición posparto, además, la investigación constituye una contribución a los productores lecheros de la zona, al generar elementos técnicos que permiten mejorar el manejo de las reproductoras que se encuentran en el periodo de tránsito, y así poder contar con una producción con vacas más longevas, productivas y con mayores estándares de salud y bienestar animal.

#### **1.4 Objetivos de la Investigación.**

##### ***1.4.1 Objetivo general***

Evaluar el efecto del balance energético negativo, sobre el desarrollo ovárico en vacas lecheras en posparto.

##### ***1.4.2 Objetivos específicos***

- Determinar el estado de balance energético negativo aparente en vacas lecheras en periodo de posparto, mediante la medición de insulina plasmática en sangre.
- Evaluar la relación existente de un balance energético negativo en el desarrollo de estructuras ováricas y el tiempo de presentación del primer celo en vacas lecheras en periodo posparto.

#### **1.5 Hipótesis**

El balance energético negativo en vacas posparto influye significativamente sobre el desarrollo de sus estructuras ováricas.

## CAPÍTULO II

### 2 MARCO DE REFERENCIA

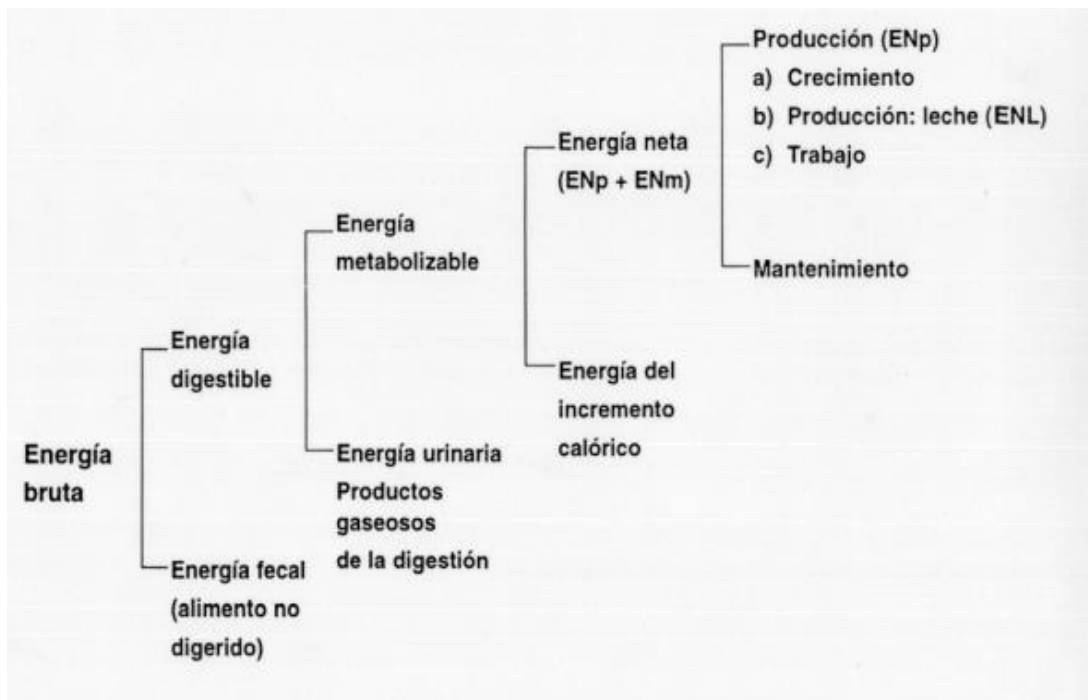
#### 2.1 Antecedentes

Butler *et al.* (1981) desarrollaron una investigación con el objetivo de establecer la naturaleza de la relación entre la primera ovulación y el balance de energía en vacas Holstein; en la que definieron que en promedio la ovulación y el inicio de la primera fase lútea normal ocurren dentro de los diez días posteriores al momento en que se presenta el balance energético más bajo, o sea, el equilibrio de la energía comenzó a regresar hacia cero; concluyéndose que el balance de energía en Vacas Holstein durante los primeros 20 días de lactación es importante para determinar el momento en que se regresa a la actividad ovárica posparto. Sin embargo, Barton *et al.* (1996) estiman que el tiempo necesario para la primera ovulación después del parto se atrasa en una media de 2,75 días por cada Mcal de energía neta de lactancia (ENL) que se produzca durante los primeros 20 días de lactación. Estos autores establecieron que las vacas alimentadas con una dieta alta en proteína cruda aumentaron los días abiertos cuando presentaban problemas de salud (20%), en comparación con las sanas (13%).

En un estudio realizado por Villa-Godoy *et al.* (1988), realizado con la finalidad de determinar la relación entre el balance de energía y secreción de progesterona en la lactancia de vacas lecheras, encontraron que las reproductoras con un consumo mayor a 3,1 Mcal de alimento por día, presentaron un balance energético positivo, lo cual aumentó la secreción de progesterona en la leche, generándose una mayor actividad ovárica; sin embargo, cuando consumieron menos de 3,1 Mcal, el incremento de la concentración de progesterona en la leche fue pequeño o nulo, lo que puede atribuirse a la reducción del déficit calórico espontáneo. Los autores concluyeron que la reducción del déficit calórico es fuente potencial de infertilidad en vacas lecheras lactantes.



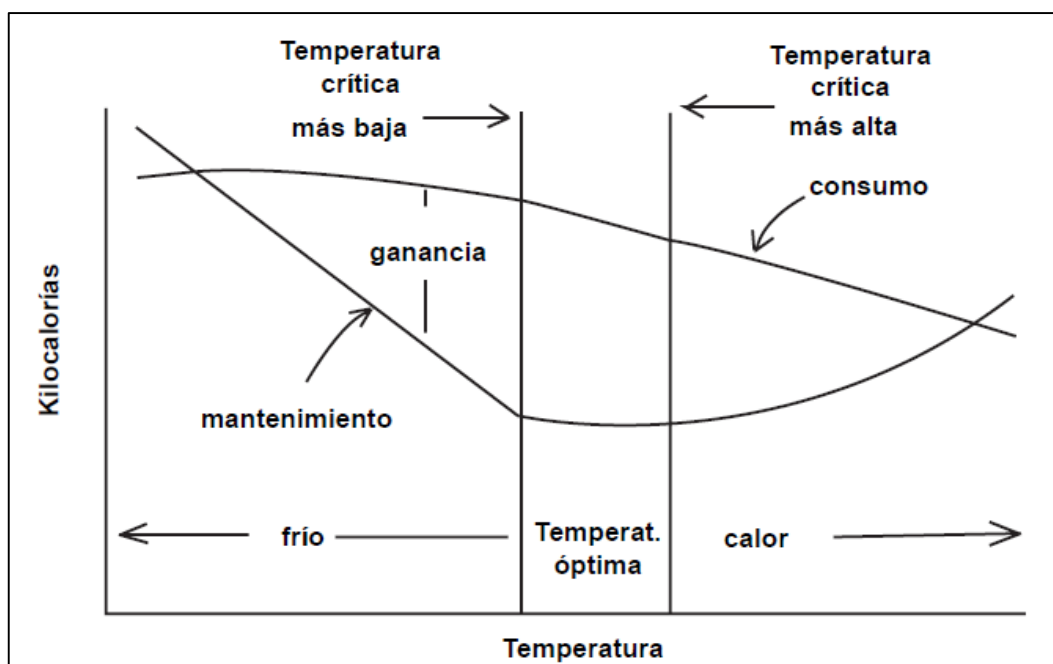
Por otro lado, Sánchez (2000) define que entre el 70-85% de materia seca que consume un animal se utiliza para la generación de energía y Coppock (1985) estima que la energía consumida por una vaca de 600 kg de peso vivo, con actividad mínima y productora de 40 kg de leche con 4% de grasa, se distribuye en procesos digestivos y metabólicos sobre los carbohidratos, proteínas y lípidos, dentro de los que se encuentran la energía fecal (35,3%), urinaria (2,8%), producción de calor (31,1%), producción de leche (25,5%) y la contenida en los productos gaseosos de la digestión (5,3%).



**Figura 1-2.** Distribución de la energía en los procesos metabólicos que ocurren en una vaca lechera.

**Fuente:** Maynard et al. (1989).

En este mismo contexto, Sánchez (2000) plantea que el rango óptimo de temperatura ambiental para la producción del ganado lechero oscila entre 5°C y 25°C, sin embargo, cuando se presentan valores menores a 5°C los animales deben aumentar su calor corporal y cuando es superior a 25°C reducen el consumo de materia seca y por consiguiente se incrementan los requerimientos de energía para mantenimiento y debido a ambas acciones la retención de energía se reduce (Figura 2-2).



**Figura 2-2.** Efecto de la temperatura en el consumo de materia seca, requerimientos de energía para mantenimiento y ganancia de energía en vacas lecheras.

Fuente: Ames (1988).

Abdelatty *et al.* (2018) en una investigación desarrollada con el objetivo de determinar la influencia de la nutrición materna y el estrés térmico en el desarrollo de ovocitos y embriones bovinos establecieron que el incremento de la temperatura a nivel global influye negativamente en los parámetros de producción y eficiencia en la alimentación de vacas lecheras, así como, en sus funciones reproductivas. Adicionalmente Silva *et al.* (2013) indicaron que el desarrollo deficiente y bajas tasas de supervivencia en embriones bovinos son causados por el estrés calórico.

Schüller *et al.* (2014) en un estudio desarrollado para investigar la relación entre el índice de temperatura y humedad (THI) y la tasa de concepción (CR) de vacas lecheras lactantes, indicaron que la CR en vacas lecheras establecidas y manejadas en zonas de climas templados y fríos son altamente afectadas por el estrés térmico.

En un estudio realizado en vacas Holstein en periodo de última lactancia con el objetivo de determinar el efecto de la temperatura ambiental sobre el rendimiento y la división de la energía se obtuvo que las temperaturas rectales diarias en la mañana y en la noche aumentaron de forma lineal a medida que se incrementó la temperatura de la cámara, lo que provocó una reducción significativa en el consumo y digestibilidad de materia seca,

aunque la respuesta en leche no presentó afectaciones por el estrés térmico provocado (Kim *et al.*, 2010).

En otro estudio desarrollado por Akar *et al.* (2018) y partiendo del hecho de que los contaminantes ambientales pueden influir negativamente en las funciones reproductivas y causar anomalías embrionarias en poblaciones animales desarrollaron una investigación con el objetivo de establecer si el contenido de Cadmio (Cd) afecta la maduración del ovocito en bovinos y el desarrollo del embrión *in vitro*; y donde concluyeron que los resultados sugieren que el Cd presenta una influencia perjudicial directa sobre la maduración del ovocito bovino y su capacidad de desarrollo, lo que puede estar relacionado con la baja tasa de excreción del cuerpo que realizan los bovinos, lo que provoca su acumulación con el tiempo en los órganos reproductores.

Es importante destacar que para la reducción del BEN que se produce en la fase de posparto en vacas lecheras se requiere de la optimización del consumo de materia seca, así como, mantener a los animales en una condición corporal apropiada; lo cual repercute, que posibiliten minimizar los problemas de salud.

## **2.2 Bases teóricas**

### ***2.2.1 Periodo de transición***

El periodo de transición es aquel lapso que transcurre a partir de la tercera semana antes del parto de la vaca hasta 3 o 4 semanas posteriores al parto (Stalling, 1999); y donde se producen importantes modificaciones en el estado endocrino de la reproductora, que las prepara para el parto y la lactogénesis (National Research Council, 2001).

Según Sepúlveda *et al.* (2017). Durante el periodo de transición se producen profundos cambios fisiológicos, metabólicos y nutricionales que determinan el éxito productivo y reproductivo de la vaca en la lactancia siguiente, debido a que en esta fase se prepara para la síntesis y secreción de calostro, el parto, y la posterior producción de leche, etapas que generan un estrés nutricional y metabólico, unido a las modificaciones que se presentan en el manejo en este período. Primeramente, se presenta un período de vaca seca que

corresponde a los 60 días preparto y luego el período de transición que corresponde a los 21 días previos al parto y 21 días posparto. Para posteriormente continuar con el período de lactancia inicial hasta los dos meses; lactancia media de 3 a 6 meses y lactancia final de 7 a 10 meses (Figura 3-2).



**Figura 3-2.** Etapas comprendidas en un ciclo productivo de una vaca lechera.

**Fuente:** Sepúlveda et al. (2017).

En el transcurso del periodo de transición, las vacas reproductoras se someten a nuevas condiciones metabólicas y fisiológicas, que las obligan a pasar del estado de preñez sin producción de leche a la condición de no preñez y producción de grandes cantidades de leche (Fernández, 2001).

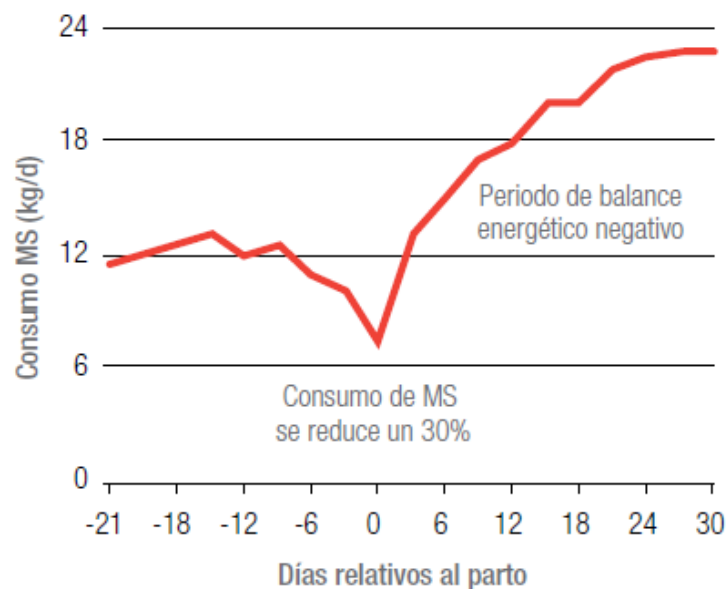
### ***2.2.2 Suplementación en periodo de transición***

Durante el periodo de transición se presentan cambios drásticos en el consumo de materia seca, en el estado hormonal y en el metabolismo de los animales. Los desórdenes que ocurren en esta fase deben controlarse mediante la adaptación de las bacterias del rumen a una alimentación reforzada con proteínas, mantenimiento de los niveles de calcio sanguíneo dentro de los parámetros normales y de un sistema inmune fuerte (Jairo, 2011).

El patrón de fermentación que ocurre en los alimentos es alterado por la nueva condición en que se encuentra la reproductora, por lo que debe someterse a un proceso de adaptación, y se recomienda que, en vacas próximas al parto, se suministre el concentrado unas tres semanas antes del parto, con el objetivo de lograr la estimulación del desarrollo de las papilas del rumen y la optimización del crecimiento de los microorganismos específicos encargados de degradar los nutrientes (García, 2012).

Las dietas con alta energía ofrecidas a las vacas en el periodo preparto, incrementan el consumo de materia seca en el periodo posparto, con relación a las vacas que reciben baja energía en el preparto (Moya y Coppock, 1997). La suplementación en el preparto genera incrementos en la producción de leche y en el último tercio de la gestación, asegura el máximo de la producción de leche en vacas primíparas (Fandiño *et al.*, 2003).

Sepúlveda *et al.* (2017) establecieron que la disminución en el consumo de materia seca (kg/día) por parte de las vacas lecheras es uno de los mayores problemas en el periodo de tránsito, debido a que una semana antes de que ocurra el parto se reduce el consumo en un 30% (Figura 4-2).



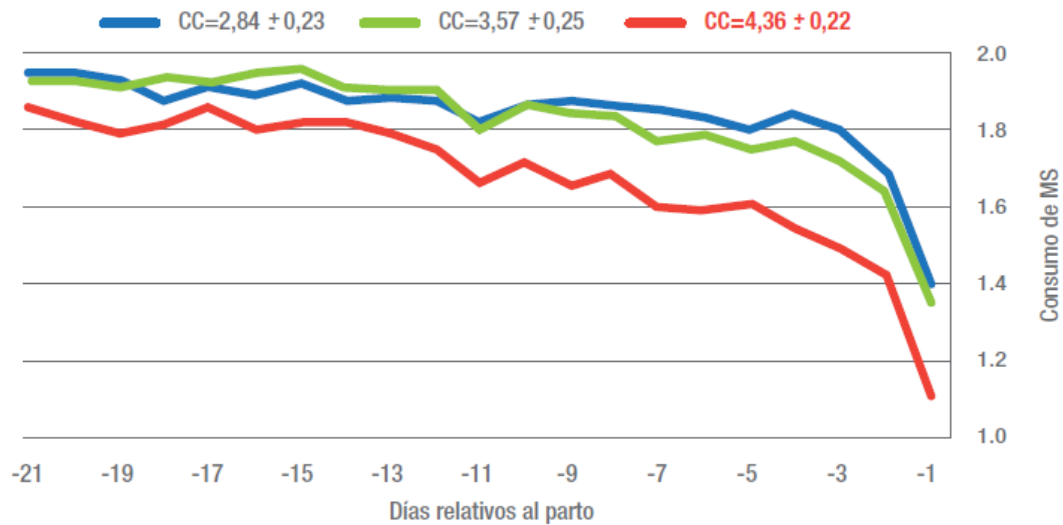
**Figura 4-2.** Variación en el consumo de materia seca por vaca durante los días del período de transición (momento del parto = 0).

Fuente: Sepúlveda *et al.* (2017).

Según Camargo (2012) una alta producción de leche conduce de manera inevitable e intensamente a un BEN durante la etapa de posparto temprano en la vaca lechera, y se manifiesta con la pérdida de la condición corporal, al perder peso por un lapso de 50 a 100 días durante este periodo.

Sepúlveda *et al.* (2017). Establecieron que la condición corporal afecta el consumo de alimento de las vacas en el transcurso del período de transición, ya que las reproductoras de la raza Holstein cuando presentan una condición corporal superior a 4,0 disminuyen de forma

gradual el consumo de materia seca durante las tres últimas semanas preparto (Figura 5-2), lo que culmina en la acumulación de NEFA hepático o el incremento en la producción de cuerpos cetónicos.



**Figura 5-2.** Consumo diario de materia seca (% del peso vivo) de vacas Holstein con diferente condición corporal (promedio con su desviación estándar) en el período de transición preparto.

Fuente: Sepúlveda *et al.* (2017) adaptado de Hayirli *et al.* (2002).

Las vacas cuando paren con mayor condición corporal pierden más peso en el periodo de posparto, aunque mantienen una mayor condición corporal durante el nadir y todo el periodo de lactancia; por lo que, la condición corporal al momento del parto puede utilizarse como un indicador parcial de cambio entre el parto y el nadir, circunstancia en la que se presenta una implicación importante en la producción de leche y la fertilidad de las vacas (Saborío y Sánchez, 2014).

En un estudio desarrollado por Zenobi *et al.* (2018). Se comprobó que cuando la alimentación de reproductoras se realiza con Colina Ruminalmente Protegida (RPC en sus siglas en inglés) durante 38 días en el transcurso del periodo de transición se produce un aumento en el rendimiento de la leche durante las 40 semanas, lo cual no se encuentra relacionado con la cantidad de energía consumida durante el período de preñez.

### 2.2.3 Balance energético

La evaluación directa del balance energético en vacas lecheras resulta compleja, por ello Clark *et al.* (2005), en un estudio desarrollado sobre el uso de indicadores que permitan evaluar el grado de movilización de las reservas corporales en vacas lecheras en la lactancia temprana en una dieta basada en pasturas, propusieron y estudiaron varios indicadores indirectos en sangre y leche en 23 vacas Holstein-Friesian en lactancia temprana alimentadas con pastos, en las cuales la concentración de glucosa en plasma se correlacionó de forma positiva fuerte ( $r=0,79$ ) con el balance energético, determinándose que el mejor modelo de predicción para el balance energético incluyó la glucosa en plasma y la beta hidroxibutirato en plasma ( $r=0,84$ ). Por otro lado, la concentración de acetona en leche correlacionó de forma positiva fuerte ( $r=0,89$ ) con BHBA plasmático, lo que confirma que la acetona de la leche puede ser un indicador preciso y práctico para estimar el balance energético de vacas en la lactancia temprana con dieta basada en pasturas.

Obese *et al.* (2018) evaluaron el efecto que presentan los dietéticos sobre las concentraciones circulantes de algunos metabolitos sanguíneos en vacas Holstein-Friesian en fase de lactancia temprana, a través de la asignación aleatoria de cuatro dietas diferentes en relación con la ingestión de materia seca (DMI) y la energía metabolizable (ME) en 32 vacas lactantes y realizaron las mediciones de las variables objeto de estudio a las cinco semanas del parto y donde se obtuvo que el valor del factor de crecimiento (similar a la insulina IGF-I) fue mayor en vacas que utilizaron dieta HH que en las dietas HL, LH o LL; la concentración de glucosa fue mayor en las vacas con HH y LH que en dietas HL y LL, aunque el contenido de ácidos grasos no esterificados fue homogéneo estadísticamente en los cuatro tratamientos dietéticos. Por otro lado, las vacas alimentadas con dietas HL y LL registraron concentraciones de beta-hidroxibutirato (BHB) más altas que HH o LH. La concentración de urea fue mayor en las vacas con LL que en las demás dietas estudiadas. Los autores concluyeron que los niveles de metabolitos en la sangre pueden constituir un indicador el estado nutricional de las vacas durante la lactancia temprana.

Según Rovers (2014) el problema que genera un BEN es que la salida de energía para la producción de leche es mayor que la energía que la reproductora recupera mediante la

ingestión de los alimentos; y el organismo como respuesta desarrolla un mecanismo de movilización de sus reservas corporales mediante el cual transfiere sustratos lipídicos energéticos presentes en el tejido adiposo hacia la circulación sanguínea, lo que condiciona la salida de grandes cantidades de ácidos grasos no esterificados (AGNEs) del adipocito para su oxidación en los tejidos, siendo el hígado el principal órgano en utilizar los AGNEs donde se ensamblan continuamente lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL, por sus siglas en inglés) y redistribuir el flujo lipídico al resto del organismo.

La capacidad de movilización de las fracciones lipídicas desde el hígado es el factor principal que impide la infiltración de grasa desde este órgano, situación que indica que probablemente la vaca se encuentre en un balance energético negativo pronunciado (Galvis *et al.*, 2007). Según Fleming (2015) la energía, en la vaca que se encuentra en lactación normal, se presenta en el hígado en forma de ácidos volátiles, proteína bacteriana y cantidades pequeñas de glucosa y proteína que no se degradan en el rumen.

Por otro lado, en el periodo de transición la movilización de calcio se inhibe, lo que genera un efecto negativo en el proceso de adaptación que permite el mantenimiento de los niveles de calcio en el posparto. Debido a que la ingestión de alimentos en este periodo es disminuida, el calcio total y el magnesio disponibles en la dieta reducirán sus niveles; situación que predispone a las reproductoras a la hipocalcemia, enfermedad que inhibe la movilización de calcio de los huesos (Eddy, 2004).

En bovinos lecheros un BEN cercano al parto es asociado a desórdenes en la salud uterina y fiebre, además, las vacas con fiebre (entre 1-10 días posparto) y endometritis (citología a las cuatro semanas del postparto) experimentan una disminución en la ingestión de materia seca, y se produce una afectación por cetosis hasta las cuatro semanas desde el parto. Un BEN antes del parto provoca infecciones hasta la lactación temprana (Risco y Meléndez, 2011).

En una investigación desarrollada con el objeto de evaluar la influencia del balance nutricional sobre los indicadores del metabolismo energético y proteico y sobre la generación de insulina y del factor 1 insulinoide de crecimiento (IGF-1) determinaron en 10 vacas Holstein evaluadas antes del parto y después del parto el balance de energía neta de lactancia (ENL), proteína cruda (PC), proteína degradable en rumen (PDR) y proteína no degradable en rumen (PNDR), así como los cambios de peso, concentraciones



plasmáticas de urea (BUN), glucosa, colesterol total, amonio,  $\beta$ -OH butirato, ácidos grasos no esterificados (AGNE), insulina, IGF-1 y la actividad glutamato oxaloacetato transaminasa (AST); donde concluyeron que existen relaciones positivas entre colesterol y los días de lactancia, ENL, PC, PDR, PNDR; entre colesterol y glicemia; entre BUN y colesterol; entre glicemia y los días de lactancia y negativas entre la producción de leche y la insulina plasmática; entre ENL y AGNE; entre BUN y AST (Galvis *et al.*, 2003).

Aunque la producción de leche aumenta a medida que se incrementa la concentración de proteínas en la dieta de las vacas lecheras lactantes, la eficiencia de su utilización disminuye, lo que incrementa los costos y generación de problemas ambientales relacionados con la eliminación de nitrógeno, además, de su influencia en la salud reproductiva (Staples y Thatcher, 2014).

#### ***2.2.4 Efecto del BEN sobre el comportamiento reproductivo***

La actividad ovárica en las vacas lecheras y su posterior ovulación se encuentran bajo el control de la Hormona Estimulante del Folículo (FSH) y la Hormona Luteinizante (LH), las cuales son afectadas por un BEN, situación que afecta el patrón normal de pulsaciones de LH necesarias para la maduración del folículo, la ovulación y la posterior función lútea del ovario, lo que deprime la actividad reproductiva de la vaca (Barton *et al.*, 1996).

La mayoría de las vacas lecheras de alta producción ingresan al periodo del parto en un estado de BEN, lo cual se asocia con varios cambios metabólicos que afectan la reanudación y la normalidad de la ciclicidad del estro y el éxito de las inseminaciones siguientes (Figura 6-2). Además, las vacas, con el objetivo de mantener la producción de leche movilizan su reserva corporal, lo que influye en la pérdida de su condición corporal (Chandra *et al.*, 2011).



**Figura 6-2.** Representación esquemática de los efectos del BEN sobre los órganos, el metabolismo, la fertilidad y el sistema inmune.

Fuente: Martens (2012).

En un estudio desarrollado por Ammar *et al.* (2018) con el objetivo de evaluar los ácidos grasos no esterificados sanguíneos (NEFA) y  $\beta$ -hidroxibutirato (BHBA) postparto de forma conjunta y por separado, en relación con los metabolitos plasmáticos, el puntaje de condición corporal (BCS), el ciclo del estro y el primer servicio de embarazo, obtuvieron que las vacas con un alto valor de BHBA y NEFA simultáneamente presentan un perfil de metabolitos plasmáticos diferente en comparación con las que tienen un bajo BHBA o NEFA y, en menor medida, en comparación con las vacas con alto NEFA solamente. El cambio en la condición corporal desde el parto a los 52 días después del parto, mostró un comportamiento similar, con una disminución más intensa de condición corporal en casos de alto BHBA y NEFA. Los autores concluyeron que la investigación demuestra el valor agregado que se obtiene al medir simultáneamente BHBA y NEFA, sin embargo, declaran que es necesario desarrollar nuevas investigaciones que permitan explicar los resultados clínicos asociados con la cetosis subclínica.

### 2.2.5 Desbalances metabólicos

El balance energético negativo que caracteriza el desarrollo fisiológico de la vaca en las primeras semanas de lactación, predispone a las reproductoras a sufrir desbalances metabólicos como la cetosis o acetonemia y el incremento de la movilización de ácidos grasos de cadena larga del tejido adiposo, así como, la disminución de los niveles de glucosa en el organismo. La hipocalcemia clínica o fiebre de leche es un desbalance metabólico que afecta entre el 3 y 10% de las vacas durante el período comprendido entre las 24 h previas al parto y las 24 posteriores al mismo (Sánchez y Montero, 2014).

La susceptibilidad de la vaca lechera a padecer el complejo de enfermedades cetosis-hígado graso se debe a que, los ácidos grasos que circulan en la sangre como ácidos grasos no esterificados son captados por el hígado en un porcentaje constante, por lo que el incremento de su concentración aumenta las probabilidades de afectación por dicho complejo; además, la oxidación de los ácidos grasos no esterificados captados por el hígado es incompleta, lo cual se encuentra condicionado por los niveles bajos de carbohidratos propios del inicio de la lactancia, que provocan un incremento en la producción de cuerpos cetónicos que generan cetosis en los animales (Davidson *et al.*, 1997).

Vargas *et al.* (2016) investigaron los valores de grasa, proteína, la relación grasa/proteína y nitrógeno ureico, en 442 vacas lecheras de Costa Rica y los relacionaron con la cantidad de días en lactación, número de lactancias, mes de muestreo y raza, presentándose diferencias en los componentes según raza, número de lactancias y días en lactación, lo que podría indicar desbalances metabólicos.

Por otro lado, Noro *et al.* (2013) en una investigación desarrollada con el objetivo de determinar la asociación, sensibilidad (Se) y especificidad (Es) de las enzimas glutamato deshidrogenasa (GDH), aspartato aminotransferasa (AST) y g-glutamyl transpeptidasa (GGT) como indicadores de daño hepático en perfiles bioquímicos sanguíneos de vacas lecheras; muestrearon 1566 vacas correspondientes a 112 perfiles bioquímicos realizados en rebaños lecheros, en los que determinaron la presencia de daño hepático cuando  $GDH > 30$  U/L o  $GGT > 39$  U/L concluyendo que la actividad plasmática de AST se asocia mayormente con la actividad de GDH y con la de GGT en vacas lecheras; y el límite de

referencia a tener en cuenta para predecir el daño hepático que se presenta corresponde a >110 U/L.

### **2.2.6 Reinicio de la actividad ovárica postparto**

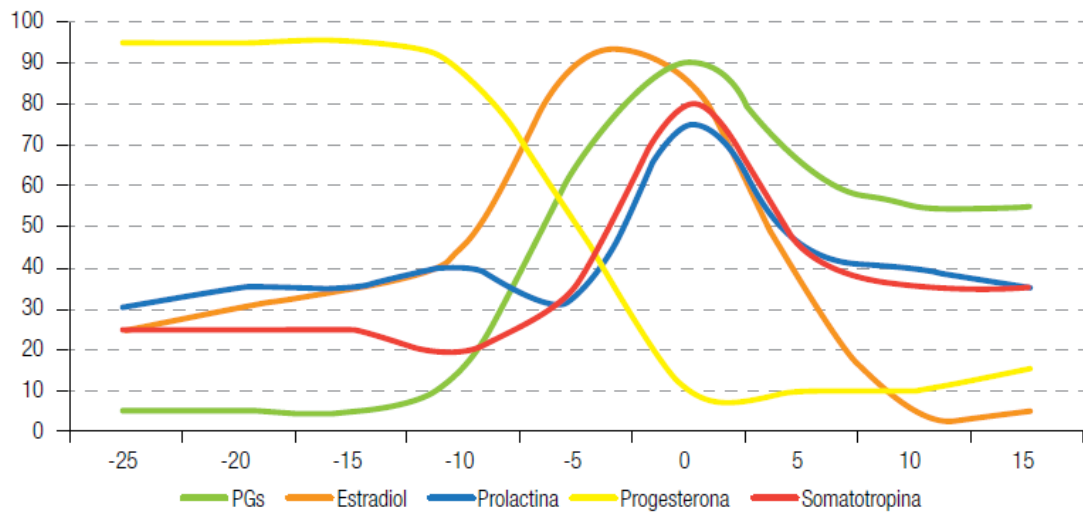
Se considera que el principal factor regulador de la secreción hipotalámica de GnRH en vacas en periodo de transición es el balance energético. Sin embargo, un BEN suprime la liberación pulsátil de GnRH y se presenta una reducción de la frecuencia de los pulsos de LH, lo que genera un retraso en el reinicio de los ciclos postparto (Chagas *et al.*, 2007; Armstrong *et al.*, 2003).

Henaó (2001) establece que el BEN que se genera después del parto de la vaca es atribuido a la alta demanda de nutrientes, limitada capacidad de consumo de alimentos y las inadecuadas concentraciones de nutrientes en los alimentos consumidos; situación que induce en la reproductora una respuesta compensatoria que compromete al tejido adiposo, el hígado, los músculos y los huesos. El desbalance energético creado retarda la reanudación de los ciclos estrales postparto y dependiendo de la intensidad, limita el crecimiento de los folículos ováricos.

En un estudio desarrollado por Cattaneo *et al.* (2013) donde se compararon vacas diagnosticadas con enfermedad quística ovárica (COD) y controles en relación con las concentraciones séricas de las hormonas de crecimiento (GH), factor de crecimiento similar a la insulina-1 (IGF-1) e insulina y las concentraciones séricas de albúmina, proteínas totales, relación albúmina: globulinas, bilirrubina total y directa,  $\beta$ -hidroxibutirato, colesterol, glucosa, urea, creatinina, calcio, fósforo y magnesio; obtuvieron que las concentraciones séricas de insulina e IGF-1 fueron menores en las vacas con COD que en los controles y que el intervalo parto-concepción fue mayor en vacas que presentaron COD, concluyéndose que se presenta una asociación entre los valores séricos de IGF-1 e insulina y la COD, lo cual compromete el futuro reproductivo de las vacas.

Según lo planteado por Sepúlveda *et al.* (2017). En el período seco preparto de la vaca se reducen, el apetito, el consumo de alimentos y la capacidad de absorción de nutrientes, por lo que, las reproductoras activan mecanismos fisiológicos que permiten coordinar la

partición de los nutrientes y se producen cambios endocrinos que las preparan para el parto y el inicio de la lactancia, los cuales se asocian a modificaciones en las concentraciones plasmáticas de varias hormonas (Figura 7-2).



**Figura 7-2.** Porcentaje que alcanzan las concentraciones plasmáticas de hormonas durante los días previos y posteriores al parto (día = 0).

**Fuente:** Adaptado de De Garis y Lean (2010).

En un estudio realizado por Castro *et al.* (2017) con el objetivo evaluar la tasa de parto al primer servicio, los días abiertos, el primer calor observado y su efecto en la secreción de insulina, actividad ovárica y desempeño reproductivo en 20 vacas Holstein, a las cuales se le asignaron cuatro niveles de suplementación (0 g, 300 g, 500 g y 700 g de propilenglicol/día mezclados en el concentrado); concluyeron que la inclusión de varios niveles de propilenglicol en mezcla con el concentrado alimenticio no presentó efecto significativo sobre la secreción de insulina, ni sobre el número y tamaño de los folículos preovulatorios.

## 2.2.7 Fisiología reproductiva del bovino

### 2.2.7.1. Control Neurológico del Ciclo Estral.

El ciclo estral en bovinos se encuentra regulado por una interacción de las hormonas, la cual se halla regida por el eje hipotálamo-hipófisis, por el ovario y el útero (Callejas, 1995); las cuales son mensajeros químicos que transitan por la sangre hacia órganos y tejidos

específicos que contienen receptores específicos y que regulan la fase del ciclo estral (Lamp, 2009).

#### 2.2.7.2. *Hipotálamo.*

Es aquel que forma la base del cerebro, y sus neuronas producen las hormonas liberadoras de gonadotropina o GnRH, la cual difunde a los capilares del sistema porta hipofisiario y de este a las células de la adenohipófisis, donde se estimula la síntesis y secreción de las hormonas hipofisarias (Hormona Folículo Estimulante (FSH) y la Hormona Luteinizante (LH) (Rippe, 2009).

#### 2.2.7.3. *Hipófisis.*

La hipófisis se encuentra formada por una parte anterior o adenohipófisis y una parte posterior o neurohipófisis. La primera produce varios tipos de hormonas, dentro de las que se encuentran la FSH y LH, que cumplen un papel relevante en el control neuroendócrino del ciclo estral. La FSH es la responsable del proceso de esteroidogénesis ovárica, crecimiento y maduración folicular, y la LH interviene en el proceso de esteroidogénesis ovárica, ovulación, formación y mantenimiento del cuerpo lúteo.

Las hormonas FSH y LH son secretadas mediante pulsos a la circulación y son reguladas por los sistemas tónico; el produce el nivel basal circulante de hormonas hipofisarias las cuales promueven el desarrollo de los elementos germinales y endócrinos de las gónadas; y el sistema cíclico, el cual opera más agudamente, siendo evidente por solo 12 a 24 horas en cada uno de los ciclos reproductivos de la hembra y tiene por función primaria causar la ovulación.

La hormona neurohipófisis almacena la oxitocina producida en el hipotálamo y sus funciones son intervenir en el mecanismo del parto, bajada de la leche, transporte espermático e intervendría en el proceso de luteólisis (Callejas, 1995; Lucy, 2007).

#### 2.2.7.4. Ovarios.

Son glándulas exócrinas (liberan óvulos y producen estrógenos, progesterona y la inhibina) y endócrinas (secretan hormonas). Los estrógenos y las hormonas esteroideas, son producidos por el folículo ovárico y tienen acciones sobre los distintos órganos blanco como son las trompas de Falopio, el útero, la vagina, la vulva y el sistema nervioso central, en el cual estimulan la conducta de celo y el hipotálamo donde ejercen un "feed back" negativo sobre el centro tónico y positivo sobre el centro cíclico.

La progesterona, hormona esteroidea, es producida por el cuerpo lúteo por acción de la LH. Los efectos de la progesterona se producen una vez que el tejido blanco se ha expuesto tiempo a la estimulación en los estrógenos durante cierto.

La preparación por los estrógenos conduce a un efecto sinérgico, donde la progesterona prepara el útero para el implante del embrión y para mantener la gestación. A nivel hipotalámico ejerce un efecto feed back negativo sobre el centro tónico.

La inhibina, hormona proteica, es producida por el folículo ovárico (células granulosas) e interviene en el mecanismo de regulación de la secreción de FSH. Ejerce un feed back negativo a nivel hipofisiario, produciendo una menor secreción de FSH (Massimiliano, 2009).

#### 2.2.7.5. Útero.

El útero produce la prostaglandina F2a (PGF2a), que interviene en la regulación neuroendócrina del ciclo estral a través del efecto luteolítico que produce, además, de intervenir en la ovulación y el parto (Callejas, 1995).

#### 2.2.8. Ciclo Estral

El ciclo estral en vacas lecheras se divide en tres fases: a) Fase folicular o de regresión lútea (proestro), b) Fase periovulatoria (estro y metaestro) y c) Fase luteal (diestro).

Según Lucy (2007) el día cero del ciclo estral es cuando ocurre el celo o calor aparente, donde se manifiestan signos que permiten establecer el comienzo del nuevo ciclo; sin

embargo, la descripción se realiza a partir de la destrucción del cuerpo lúteo del ciclo anterior y finaliza con el día de celo del siguiente ciclo.

#### *2.2.8.1 Fase Folicular.*

La fase del Proestro se inicia con la regresión del cuerpo lúteo del ciclo anterior o luteólisis y concluye con el inicio del celo o estro; con una duración de dos o tres días.

Al producirse la destrucción del cuerpo lúteo se produce una disminución en los niveles de progesterona y posteriormente una pérdida de tejido luteal, siendo la PGF2a de origen uterino el principal luteolítico en los animales domésticos y en casi todos los roedores.

Debido a la disminución de los niveles de progesterona, baja el feed back negativo que dicha hormona tenía a nivel hipotalámico y aumenta la frecuencia pulsátil de las hormonas gonadotróficas (FSH y LH), además, se estimula el crecimiento folicular con el desarrollo de un gran folículo y el aumento en los niveles de estradiol.

Cuando los estrógenos alcanzan cierto nivel, se estimula la receptividad al macho y comienza el período de celo o estro (Callejas, 1995; Lucy, 2007).

#### *2.2.8.2. Fase Periovulatoria.*

El estro se define como un periodo de actividad y receptividad sexual donde el signo principal es que el animal se mantiene en pie y quieto al ser montado por otro. También se observan otros signos, como inquietud, inflamación de la vulva, secreción de moco claro y transparente que sale por la vulva. El olor de moco genera la atracción y excitación del toro debido a la presencia de feromonas.

La duración del celo es muy variable entre grupos de animales, y puede encontrarse entre 30 minutos y más de 30 horas, aunque se considera que  $16\pm 4$  horas es el tiempo promedio.

Los signos de estro ocurren gracias a la presencia de los estrógenos provenientes del folículo y en cierto momento sus niveles son suficientemente altos en concentración y duración para inducir síntomas de celo o calor, así como para incrementar las



contracciones del tracto reproductivo, lo cual facilita el transporte del espermatozoides y ovulo; que afectan a los centros endócrinos en el hipotálamo que controlan la liberación de GnRH del Hipotálamo y la liberación de FSH y LH de la adeno-hipófisis (Hincapie & Campo, 2005).

El incremento de LH se presenta después de la presencia de los signos de celo y se produce el inicio del proceso de ovulación.

La LH se considera como la gonadotropina primaria responsable de la ovulación, sin embargo, la FSH causa la ovulación y formación luteal. De 12 a 24 horas desde el comienzo del celo, el sistema nervioso central del animal refracta los estrógenos y las manifestaciones de celo o calor desaparecen (Hincapie & Campo, 2005; Lucy, 2007).

Después de finalizado el celo se inicia el metaestro con una duración de 3 a 5 días, periodo en el que ocurre la ovulación, que se presenta a entre 28-32 horas después de iniciado el celo, o entre 10 a 15 horas de haber cesado los signos de celo en respuesta al pico preovulatorio de LH.

Después de la ovulación se produce una hemorragia y el folículo se llena de sangre, convirtiéndose en una estructura conocida como cuerpo hemorrágico. El proceso siguiente es la luteinización de las células foliculares que se transforman en células luteales; estos cambios ocurren entre el día 5 a 7 del ciclo y finaliza de esta forma la fase de metaestro y se inicia la fase lútea o diestro (Lucy, 2007).

#### 2.2.8.3. Fase Luteal.

El Diestro se caracteriza por el dominio del cuerpo lúteo, su mantenimiento, así como la síntesis de progesterona se encuentran asociadas a la hormona LH que es progesterotrófica y luteotrófica.

Otras hormonas que intervienen en la síntesis de progesterona son la FSH y la prostaciclina PGI<sub>2</sub>. La FSH se une a los receptores que se encuentran ubicados en el cuerpo lúteo y provocan un aumento en la secreción de progesterona.

La PGI2 estimula las células luteales para la producción de progesterona, además, aumenta provoca el aumento del flujo sanguíneo a nivel ovárico, lo que produce un efecto positivo sobre la síntesis y secreción de progesterona. Si no ocurre la fecundación del huevo, el cuerpo lúteo permanece funcional hasta los 15-20 días, después de este periodo comienza la regresión en la preparación de un nuevo ciclo estral (Lucy, 2007).

### ***2.2.9. Dinámica Folicular Bovina***

La dinámica folicular bovina es el proceso de crecimiento y regresión de folículos antrales que conllevan al desarrollo de un folículo preovulatorio. En vacas, el desarrollo folicular ocurre en forma de ondas y se observan tanto en animales jóvenes como adultos; en vacas preñadas (excepto durante los últimos 30 días de gestación) y durante el ciclo estral. Entre 1 y 4 ondas de crecimiento y desarrollo folicular ocurren durante un ciclo estral bovino, y el folículo preovulatorio deriva de la última (Lucy, 2007).

El proceso de desarrollo de los folículos consta de tres estados: Reclutamiento, Selección y Dominancia.

**Reclutamiento:** una cohorte de folículos de aproximadamente 3 mm de diámetro es estimulado por un aumento transitorio de la hormona FSH. El pico de FSH se produce cuando el futuro folículo dominante alcanza un tamaño de aproximadamente 4 mm y luego los niveles de FSH disminuyen (Lucy, 2007).

**Selección:** es el proceso en el que un folículo es elegido para ser dominante y evitar la atresia, los demás folículos de esa cohorte se vuelven atrésicos, por la disminución en los niveles de FSH (Lucy, 2007).

**Dominancia:** en este proceso el folículo dominante ejerce un efecto inhibitorio sobre el reclutamiento de una nueva cohorte de folículos. Este efecto inhibitorio se mantiene hasta que esta dominancia desaparece bien porque el folículo muere o porque el folículo es ovulado.

Este folículo que alcanza un tamaño marcadamente mayor que los demás es el responsable de la secreción de estradiol y adquiere la capacidad de continuar creciendo incluso en presencia de otras hormonas que crean un medio adverso para el resto de los

folículos. Con la ovulación o destrucción del folículo dominante, se produce un nuevo incremento de FSH y una nueva onda folicular se inicia (Lucy, 2007).

El ciclo estral bovino consta básicamente de dos ondas foliculares y cada una de ellas comienza con el reclutamiento de una cohorte de folículos antrales a partir de un grupo de pequeños folículos. Solo uno de ellos será seleccionado de esta cohorte y continuará creciendo, convirtiéndose en el folículo dominante; los demás, se convertirían en folículos atrésicos.

Inmediatamente después de la ovulación, una nueva onda folicular comienza, el folículo dominante de esta onda no podrá ser ovulado por la presencia de altos niveles de progesterona y se volverá atrésico; inmediatamente una nueva onda folicular se inicia.

El folículo dominante de la segunda onda folicular que está presente cuando la luteólisis ocurre, generalmente llega a ser el folículo ovulatorio del celo. Los ciclos estrales en vacas con tres ondas foliculares son generalmente más largos (20-24 días) comparados con los ciclos estrales de vacas con dos ondas foliculares (8-20 días) (Massimiliano, 2009).

La actividad folicular está normalmente ausente en los primeros 10 días posteriores al parto, aunque comienza rápidamente posterior a este momento. En vacas lecheras bien alimentadas, la actividad de onda folicular se acompaña por dominancia folicular, entonces es común encontrar presentación de celo y ovulación desde los 10 días de paridas; la vaca de carne es similar; el reinicio de las ondas foliculares ha sido observada a los 10 días del parto, sin embargo, la ovulación ocurre más tarde que en la vaca de leche (media 30.6 días).

En las vacas con condición corporal no deseable o pobremente alimentadas, la actividad folicular se reinicia en este momento, pero la dominancia puede no ocurrir por varias semanas (Massimiliano, 2009).

### **2.3 Marco conceptual**

**Balance energético:** se refiere a la relación entre el ingreso y egreso de energía del organismo. Cuando el balance energético es cero existe un equilibrio entre la cantidad de energía que ingresa al organismo y la cantidad de energía que es utilizada.

**Balance energético negativo:** Implica un ingreso energético menor que el gasto y se refleja en la pérdida del peso corporal.

**Condición corporal:** La CC se utiliza para estimar la proporción de grasa corporal que el animal posee, y es reconocida por científicos, técnicos y productores como una herramienta importante en el manejo nutricional del ganado (Roche *et al.*, 2009).

**Energía:** Se define como la capacidad para realizar un trabajo. En la nutrición del ganado lechero, los alimentos son quienes tienen esa capacidad de trabajo, el cual consiste en el mantenimiento de la vaca, la producción de leche y la reproducción (Maynard *et al.*, 1989).

**Grasa:** Es aquella que contiene más del doble de cantidad de energía que se encuentra en los granos. Esto lo hace un muy buen suplemento de energía para vacas en lactancia temprana.

**Leche:** Se entiende como leche al producto integral del ordeño total e ininterrumpido, en condiciones de higiene que produce la vaca lechera en buen estado de salud y alimentación, sin aditivos de ninguna especie (Murad, 2013).

**Longevidad de una vaca:** Definida como la cualidad de una vaca para demorar su descarte involuntario o para sobrevivir a los 48 meses de edad (García, 2001).

**Materia Seca (MS):** Es el alimento (forraje) sin agua. Su función principal es la de nutrir las bacterias del rumen para producir carne o leche. El consumo de MS depende del peso y la edad del animal.

**Mejoramiento genético:** El mejoramiento genético consiste en la aplicación de principios tanto biológicos, económicos y matemáticos, con la finalidad de encontrar estrategias óptimas para aprovechar la variación genética que existe en una especie de animales en particular para maximizar el mérito de dicho animal. Lo cual involucraría tanto las variaciones genéticas entre los individuos de una misma raza, así como la variación entre diferentes razas y cruces de estas razas (Montaldo y Barría, 1998).

**Metabolismo:** La característica más importante del periodo de transición en el ganado lechero es el dramático cambio en las demandas de nutrientes que requieren de una cuidadosa coordinación del metabolismo para alcanzar los requerimientos de energía,

glucosa, aminoácidos y calcio por la glándula mamaria luego del parto. Al cuarto día posparto se triplica la demanda de glucosa, se duplica la de aminoácidos, se quintuplica la de ácidos grasos (Bell, 1995) y se triplica aproximadamente la demanda de Calcio (Horst *et al.*, 1997).

**Periodo de transición:** Etapa en que el animal debe adaptarse a las nuevas condiciones metabólicas y fisiológicas que le exigen pasar de un estado de preñez y sin producir leche a un estado de no preñez y producción de grandes cantidades de leche (Jairo, 2011).

**Periodo postparto o puerperio:** Es la fase inmediata después del parto, donde ocurren cambios fisiológicos y estructurales en el útero sufridas en la gestación, por lo que el organismo debe prepararse para la nueva gestación." (Dr. Bruno Rutter. 2002. Facultad de Veterinaria, Univ. De Bs. As.). El restablecimiento de la forma y posición del cérvix, disminución del volumen uterino, reparación endometrial, eliminación de loquios, reinicio de la ciclicidad ovárica, componen los cambios ocurridos a nivel uterino, en si lo que ya conocemos y nos menciona como la involución uterina. (Hafez ,2000).

**Preñez:** Estado en el cual la hembra lleva un embrión o feto, periodo que transcurre desde la implantación del óvulo fecundado en el útero hasta el momento del parto. A partir de que el óvulo es fecundado se producen cambios en el cuerpo, tanto fisiológicos como metabólicos, destinados a proteger, nutrir y proporcionar todo lo necesario para el desarrollo adecuado del feto.

**Vida útil o productiva de una vaca:** Es el número de lactancias completadas por una vaca antes del descarte (García, 2001).

## CAPÍTULO III

### 3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Identificación de Variables

##### 3.1.1 *Variable Independiente*

Periodo posparto. Se conformarán grupos de vacas lecheras bajo el criterio de tiempo en días después del parto.

Grupo 1. Posparto temprano (vacas entre 7 y 21 después del parto).

Grupo 2. Posparto medio (vacas entre 22 y 35 después del parto).

Grupo 3. Posparto tardío (vacas entre 36 y 60 después del parto).

##### 3.1.2 *Variable Dependiente*

Nivel de insulina plasmática (UI).

Tamaño estructuras ováricas (folículo, cuerpo lúteo) en mm.

Presencia del primer celo posparto.

### 3.2 Cuadro de operacionalización de variables.

Concepto	Dimensiones	Indicadores	Ítems básicos	Técnica e instrumento
<p>Efectos del BEN sobre el desarrollo de estructuras ováricas en vacas posparto Análisis en la Unidad educativa de producción Cunchibamba en la Parroquia Cunchibamba, Cantón Ambato, Provincia Tungurahua</p> <p>Se trata de una investigación en la cual se va a identificar, indicar, valorar, establecer, apreciar o calcular la importancia de los efectos del BEN sobre el desarrollo de estructuras ováricas trabajo mediante el cual se presentara un documento a través del cual se establecerá una relación BEN versos desarrollo de estructuras ováricas en vacas.</p>	<p>Documento</p> <p>Entorno Reproductivo</p> <p>Entorno productivo</p>	<p>Niveles de insulina en sangre</p> <p>Porcentaje de estimación del nivel energético</p> <p>Presencia o ausencia de folículos y cuerpo lúteo</p> <p>Dimensión del tamaño del folículo en mm</p>	<p>Número de vacas productoras de leche</p>	<p>Evaluación ecosonográfica</p>
<p><b>Niveles de insulina</b></p> <p>Es una señal mediadora en los cambios agudos en la ingesta de nutrientes sobre la reproducción de las vacas lecheras</p>	<p>Medición</p>	<p>Unidades Internacionales</p>	<p>Concentración sanguínea</p>	<p>Análisis de laboratorio</p>

<b>Tamaño estructuras ováricas (folículo y cuerpo lúteo)</b> Es el desarrollo que requiere el ovario para reproducirse	Estructuras ováricas	Medición en mm	Tamaño de folículos y cuerpo lúteo	Ecografía
<b>Días a la presencia primer celo posparto</b>	Tiempo	Número de días	Tiempo transcurrido	Visual

### 3.3 Matriz de consistencia

<b>Formulación del problema</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Variables</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>
Necesidad de conocer el estado de la relación entre un balance energético negativo y los niveles de insulina en sangre de vacas lecheras en periodo de posparto en la Unidad Educativa de	Determinar el estado de balance energético negativo aparente en vacas lecheras en periodo de posparto, mediante la medición de insulina plasmática en sangre en la granja Unidad Educativa de	El nivel de insulina plasmática en sangre de vacas lecheras en la Unidad Educativa de producción Cunchibamba se encuentra relacionada con el estado de balance energético negativo.	Nivel de insulina en sangre	Concentración sanguínea	Análisis de laboratorio	Laboratorio clínico

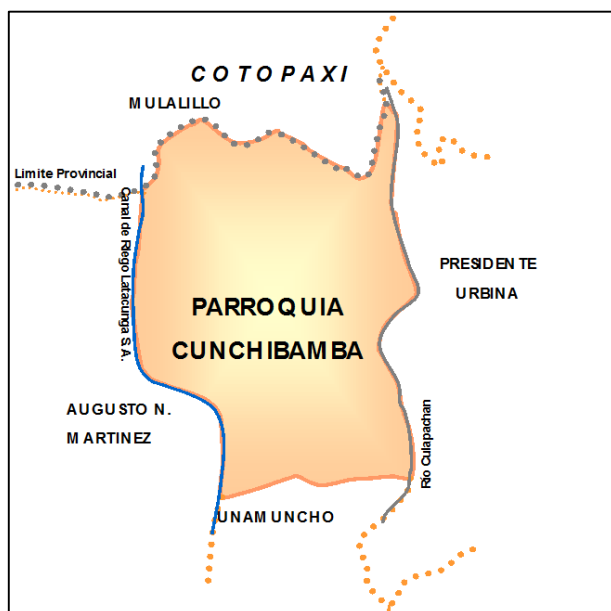


producción Cunchibamba	producción Cunchibamba.					
Se desconoce la relación que se presenta entre un BEN en vacas lecheras y la presencia de las estructuras ováricas y el tamaño folicular en la Unidad Educativa de producción Cunchibamba.	Evaluar la relación existente de un BEN con el desarrollo de las estructuras ováricas y tiempo a la presencia del primer celo posparto en vacas lecheras en periodo de posparto en la Unidad Educativa de la Producción Cunchibamba.	El BEN en vacas lecheras en periodo de posparto determina el desarrollo del ovario y el tiempo de la presencia del primer celo posparto en el hato ganadero de la Unidad Educativa de producción Cunchibamba.	Número de vacas con estructuras ováricas Tamaño del folículo y cuerpo lúteo. Días a la presencia del primer celo posparto.	Dimensión del tamaño del folículo en mm Número de días a la primera ovulación posparto	Evaluación ecosonográfica	Ecógrafo  Visual

### 3.4 Metodología

La presente investigación se realizó en la Unidad Educativa de Producción Cunchibamba, perteneciente al Instituto Tecnológico Agropecuario Luis A. Martínez de la parroquia Cunchibamba, cantón Ambato, provincia Tungurahua.

La parroquia Cunchibamba se ubica al norte del cantón Ambato y limita al norte con la provincia de Cotopaxi, al sur con la parroquia Unamuncho, al este con la parroquia presidente Urbina y al oeste con Augusto N. Martínez y se encuentra a una altitud de 2680 msnm (Figura 1-3).



**Figura 1-3.** Ubicación geográfica de la parroquia Cunchibamba.

Fuente: Junta parroquial Cunchibamba (2018).

### 3.5 Diseño de Investigación

Investigación de tipo observacional, ya que no se interviene para modificar los factores de estudio y en los cambios de las unidades de estudio (vacas lecheras) y se determinan las variables en su estado real.

Para el desarrollo del estudio se conformaron tres grupos de vacas lecheras en periodo de posparto (temprano, medio y tardío) y posteriormente se aplicaron técnicas y métodos

para determinar los niveles de insulina en sangre, el tamaño del ovario, el tamaño del cuerpo lúteo y los días al que se presentó el primer celo posparto.

### **3.6 Métodos de investigación**

La investigación es de tipo exploratorio, debido a que se consultan varios documentos (PDOT Parroquial de Cunchibamba, registros de reproducción y producción de la propiedad, artículos de revistas indexadas, libros, capítulos de libros) donde se obtuvo información útil y necesaria, indispensable para el dominio de los antecedentes históricos e investigativos, relacionados con el tema planteado; es descriptivo ya que se caracterizan las variables de forma individual ya sean categóricas o numéricas; relacional ya que se pretende establecer el nivel y la fuerza de correlación entre el nivel de insulina en sangre y el tamaño de las estructuras ováricas; así como estudio explicativo debido a que se busca explicar la causa real de la ocurrencia de BEN en vacas lecheras en periodo de posparto, para lo cual se efectuaron mediciones del nivel de insulina en sangre, presencia o ausencia de cuerpo lúteo y tamaño de folículos, además, se determinó los días a la primera presentación del celo posparto.

### **3.7 Enfoque de la Investigación**

El enfoque de la investigación es cualitativo, a partir de consultas de literatura científica y actualizada, relacionada con el tema de estudio y es cuantitativa ya que se aplica la estadística como herramienta que permite la recolección, organización, clasificación, procesamiento de datos, además de su representación tabular y gráfica que facilitan una mejor interpretación del fenómeno estudiado y la toma de decisiones con un fundamento matemático-científico.

#### ***3.7.1 El enfoque cuantitativo***

El enfoque cuantitativo de la investigación se basa en la utilización de la estadística como herramienta necesaria para el procesamiento de los datos, así como la representación tabular y gráfica de las variables estudiadas: estructuras ováricas, tamaño de folículos, tamaño del cuerpo lúteo, presencia de celo posparto y niveles de insulina en sangre, que faciliten la interpretación adecuada del fenómeno estudiado.

### **3.7.2 *El enfoque cualitativo***

El enfoque cualitativo se centra en el constructivismo, al crear puntos de vista y perspectivas a partir de la revisión de literatura actualizada e indexada, en bases de datos de alto impacto científico.

### **3.8 Alcance de investigación**

Establecer el efecto del BEN en vacas lecheras en periodo posparto temprano, medio y tardío; relacionándolos con los niveles de insulina en sangre y presencia de estructuras ováricas como folículos y cuerpos lúteos.

### **3.9 Población de estudio**

La población de estudio es un conjunto de casos, definido, limitado y accesible, que cumple criterios de selección y a partir de la cual se efectuó el cálculo del tamaño de la muestra y la aplicación de una técnica de muestreo para su elección (Arias *et al.*, 2016).

Para la investigación se utilizó una población de estudio conformada por 40 vacas lecheras que forman parte del hato ganadero de la hacienda de producción Cunchibamba de la parroquia Cunchibamba, cantón Ambato de la provincia de Tungurahua, a partir de las cuales se obtuvo una muestra representativa, en función de garantizar la confiabilidad necesaria en la investigación.

### **3.10 Unidad de análisis**

Las unidades de análisis estuvieron constituidas por las vacas productoras de leche que conforman la muestra en cada grupo estructurado, donde se medirán las siguientes variables.

- A) Niveles de insulina.
- B) Tamaño del folículo y cuerpo lúteo en mm.
- C) Días a la presencia del primer celo posparto.

### 3.11 Selección de la muestra

Previo a la determinación del tamaño de la muestra, se realizará una selección de los animales experimentales bajo las siguientes consideraciones:

1. Reproductoras en periodo posparto.
2. Pertenecer a los tres grupos conformados (posparto temprano, medio y tardío).

### 3.12 Tamaño de la muestra

Según Hernández *et al.* (2013) para el desarrollo de una investigación es preciso analizar y conocer la variable que se necesita estudiar en la población, para lo cual se debe tomar una muestra representativa de la población de estudio. El cálculo del tamaño de la muestra se realizó mediante la utilización de la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N * Z_{1-\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{1-\alpha}^2 * p * q}$$

Dónde:

**n** = Tamaño de la muestra.

**N** = Tamaño de la población de estudio.

$Z_{\frac{\alpha}{2}}$  = 1.96 valor correspondiente a la tabla con una confiabilidad del 95%.

**p** = Porcentaje de la población que tiene el atributo deseado (probabilidad de éxito, en este caso 95% = 0.95)

**q** = es el complemento de p y se determina como 1 – p (en este caso 1-0.95 = 0.05).

**d** = Precisión (error de estimación máximo aceptado = 6,5%).

$$n = \frac{40 * (1,96)^2 * (0,95 * 0,05)}{(0,065)^2 * (40 - 1) + (1,96)^2 * (0,95 * 0,05)}$$

$$n = \frac{40 * 3,84 * (0,0475)}{0,1647 + 3,84 * (0,0475)}$$

$$n = \frac{(153,6) * (0,0475)}{0,1911 + 0,1824}$$

$$n = \frac{7,296}{0,3472}$$

$$n = 21$$

El tamaño de la muestra para garantizar la máxima representatividad de la población de estudio es 21, y las vacas seleccionadas para el muestreo fueron seleccionadas mediante técnica de muestreo probabilístico y específicamente el muestreo aleatorio simple, en el cual cada vaca lechera presentó la misma posibilidad de ser elegida.

### **3.13 Técnicas de recolección de datos primarios**

Las técnicas para la recopilación de información procedente de datos primarios fueron:

- Toma de muestras de sangre.
- Técnica laboratorial.
- Determinación del tamaño de estructuras ováricas (ecografía) al inicio y cada siete días.

#### ***3.13.1 Pasos para tomar las muestras de sangre***

La importancia del área de química sanguínea radica en que ofrece información adicional al Veterinario que le permite realizar un diagnóstico más preciso que conduce al tratamiento específico y al éxito de la intervención.

## **Procedimiento**

- ✓ Sujetar al animal, el sitio de punción es la vena caudal, debe estar limpio, esto incluye recortar el pelo, lavarlo con jabón, detergente o solución yodada, dos veces y después realizar una limpieza con alcohol yodado.
- ✓ La vena caudal puede ser localizada levantando la cola. El vaso prominente se observa bien en la mayoría de las vacas lecheras. En la vena expuesta se introduce una aguja larga, calibre 14 y de 5 cm de longitud, o calibre 16 y 10 cm de longitud.
- ✓ La acertada penetración en el vaso se evidencia al brotar la sangre. Otra opción es introducir una aguja más fina (calibre 18 de 38 mm. en ángulo de 45° con la piel a lo largo de la vena. Este procedimiento es más fácil con la aguja insertada en una jeringa.
- ✓ Después de la punción el sitio debe dejarse seco, limpio y libre de sangre ya que cualquier humedad o materia orgánica favorece las infecciones.
- ✓ La cantidad de sangre que se extrae es 6 ml por animal, la cual es suficiente para la realización de los respectivos análisis de laboratorio.

### **3.14 Manejo de las muestras en estudio**

Las muestras utilizadas en el estudio procedentes de las hembras bovinas, pertenecientes a la Unidad Experimental de Producción Cunchibamba, fueron separadas en tres grupos en función de los días posparto (temprano, medio y tardío) y cada grupo fue conformado por siete vacas. Las muestras de sangre tomadas se depositaron en tubos vacutainer sin anticoagulante.

#### ***3.14.1 Transporte de la muestra***

El transporte de la muestra al Laboratorio Clínico se realizó inmediatamente después de extraída la sangre, ya que el adecuado cuidado de la muestra sanguínea evita alteraciones, además no puede transcurrir mucho tiempo. Las muestras se transportaron a una

temperatura de 4°C, debiendo estar correctamente rotuladas y conservada para las posteriores pruebas bioquímicas.

### **3.15 Instrumentos de recolección de datos primarios y secundarios**

Los datos primarios fueron recolectados a través de las muestras de sangre obtenidas de las reproductoras seleccionadas a partir de la selección aleatoria y en las que se determinó el nivel de insulina en sangre.

#### ***3.15.1 Procesamiento de datos recopilados***

Los datos recolectados se organizaron en columnas para su procesamiento estadístico mediante la utilización del paquete estadístico SPSS, versión 24 de prueba para Windows y una confiabilidad del 95% (nivel de significancia de 5% ( $\alpha=0,05$ )).

Se utilizaron medidas de tendencia central, posición y dispersión para caracterizar las variables objeto de estudio, esto es: Concentración de insulina plasmática, tamaño de estructuras ováricas y presencia del primer celo posparto.

Para una mejor representación de los resultados se elaboraron gráficos de barras, para variables categóricas y de caja y sesgos para variables numéricas.

El contraste de hipótesis para conocer si se presentan diferencias estadísticas significativas entre los grupos conformados en función del periodo posparto (temprano, medio y tardío) y su correlación con los niveles de insulina plasmática, tamaño folicular en los ovarios; presencia o ausencia de cuerpo lúteo. Se realizó mediante análisis de varianza de un factor intersujetos previo cumplimiento de los requisitos de normalidad de datos y homogeneidad de varianzas.

Para determinar si los datos siguen una distribución similar a la distribución normal se efectuó el test de Shapiro-Wilk y para conocer si las varianzas son homogéneas se ejecutó el test de Levene. En caso de no cumplimiento de alguno de estos supuestos se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.



El contraste de hipótesis para determinar diferencias significativas o no, entre los dos grupos conformados en función de la presencia o ausencia de BEN (menos de 3,3 UI con presencia de BEN y más de 3,3 UI con ausencia de BEN) en función del tamaño de folículos se realizó mediante la prueba T de Student, para muestras independientes, previo cumplimiento de los requisitos de normalidad de datos y homogeneidad de varianzas.

Con la finalidad de conocer la distribución categórica de la variable tamaño de los folículos agrupados (0-5 mm, de 6-9 mm y 10 mm o más) en función de la presencia o ausencia de BEN, se construyó una tabla de contingencia 3x2.

Para determinar la fuerza de asociación entre las categorías de la variable tamaño del folículo agrupado (0-5 mm, de 6-9 mm y 10 mm o más) y las categorías de BEN (presencia o ausencia) se realizó la prueba Chi-cuadrado de independencia.

Para conocer si existe correlación entre las variables se calculó el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) y para establecer la ecuación de regresión que mejor ajusta el modelo que se propone, se efectuó regresión lineal simple y un gráfico de puntos o dispersión para representar los datos.

Para todos los casos, siempre que se obtenga un p-valor menor a 0,05 (error que se está dispuesto a aceptar) se rechaza la hipótesis nula para quedarnos con la Hipótesis alternativa.

## CAPÍTULO IV

### 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Balance energético negativo en vacas lecheras en periodo posparto

La caracterización de los niveles de insulina plasmática en sangre (UI) en vacas lecheras pertenecientes al hato ganadero de la Unidad Educativa de Producción Cunchibamba agrupadas en periodos posparto temprano, medio y tardío muestra una media por debajo de 3,3 Unidades internacionales en los primeros 35 días postparto (se presenta BEN), porque la producción de energía en la leche excede el consumo energético de la dieta, lo que implica que las reservas de grasa corporal se movilizan para compensar el déficit energético, estado fisiológico que se produce en el parto y se extiende hasta la lactancia.

En este periodo la vaca para compensar el déficit utiliza sus reservas de energía del hígado (glucógeno) y empieza a mover reservas de tejido graso (pérdida de peso) llegando al hígado en forma de ácidos grasos que son oxidados para obtener energía jugando un rol primordial la carnitina que los transforma en lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL), para mantener el suministro de energía a otros tejidos.

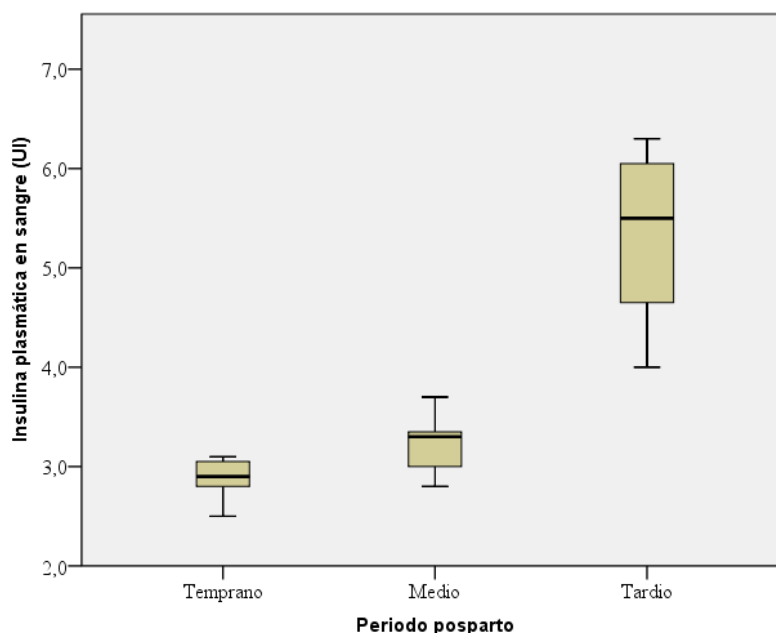
Sin embargo, cuando las reproductoras se encuentran entre los 36 y 60 días posparto se obtienen valores medios de 5,31 UI (Intervalo de confianza 4,46-6,17), produciéndose un incremento que puede estar relacionado a la recuperación que se produce en los animales al aumentarse el consumo de materia seca y energía (Tabla 1-4).

**Tabla 1-4.** Caracterización de las vacas lecheras en periodo temprano, medio o tardío en función del nivel de insulina en sangre (UI).

Periodo de Posparto	N° de vacas	Nivel de Insulina Plasmática en sangre (UI)			Intervalo de confianza (95% de confiabilidad)	
		Media	Desviación estándar	Error estándar de la media	Inferior	Superior
Temprano	7	2,89	0,21	0,08	2,69	3,08
Medio	7	3,21	0,32	0,12	2,92	3,51
Tardío	7	5,31	0,93	0,35	4,46	6,17

Realizado por: Ulloa, Anita, 2019.

Al resumir gráficamente en un diagrama de caja y sesgos, la variabilidad de los niveles de insulina plasmática en sangre en los grupos estudiados (posparto temprano con vacas entre 7 y 21 días después del parto, posparto medio con vacas entre 22 y 35 días después del parto y posparto tardío con vacas entre 36 y 60 días después del parto), se vislumbra una diferencia en las medias de la variable analizada en función de los grupos estudiados (posparto temprano, 2.89 UI/ml) y medio (con 3,21 UI/ml) con valores menores a posparto tardío (con un 5.31 UI/ml) (Grafico 1-4).



**Gráfico 1-4.** Diagrama de caja y sesgos que muestra los niveles de insulina plasmática en sangre por cada conjunto de vacas lecheras agrupadas en posparto temprano, medio y tardío.

Realizado por: Ulloa, Anita, 2019

Para el caso de la variable niveles de insulina plasmática en sangre en función de los grupos conformados a partir del parto, los resultados de la aplicación del test de Shapiro-Wilk ( $p$ -valor=0,362 en periodo de posparto temprano,  $p$ -valor=0,403 en periodo de posparto medio y  $p$ -valor=0,328 en periodo de posparto tardío (anexo 1) y Test de Levene ( $p$ -valor=0,002) (anexo 2) para conocer la normalidad de los datos y la homogeneidad de varianzas, respectivamente; definen el no cumplimiento del requisito de homocedasticidad de varianzas y la decisión que se toma para realizar la inferencia estadística es la de aplicar una alternativa no paramétrica (prueba de Kruskal-Wallis).

Se comprobó mediante la aplicación de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis que se presenta diferencia estadísticamente significativa entre las vacas agrupadas en función del periodo posparto y los niveles de insulina plasmática en sangre, ya que se obtuvo un  $p$ -valor=0,001, el cual es menor al nivel de significancia establecido previamente ( $\alpha$ =0,05) para realizar la prueba estadística (Tabla 2-4).

**Tabla 2-4.** Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para grupos independientes para el contraste entre el periodo posparto y los niveles de insulina plasmática en sangre.

N° total	21
Estadístico de contraste	15,041
Grados de libertad	2
$p$ -valor (prueba bilateral)	0,001

Realizado por: Ulloa, Anita, 2019

La comparación por parejas realizada en la prueba de Kruskal-Wallis para establecer donde se encuentran las similitudes y las diferencias evidencia que no se presenta diferencia estadística significativa entre la pareja posparto temprano-posparto medio ( $p$ -valor=0,630); sin embargo, entre las parejas temprano-tardío ( $p$ -valor=0,000) y medio-tardío ( $p$ -valor=0,032); se presentan diferencias estadísticas significativas ya que se obtiene un  $p$ -valor ajustado para ambas parejas menor a 0,05 (Tabla 3-4).

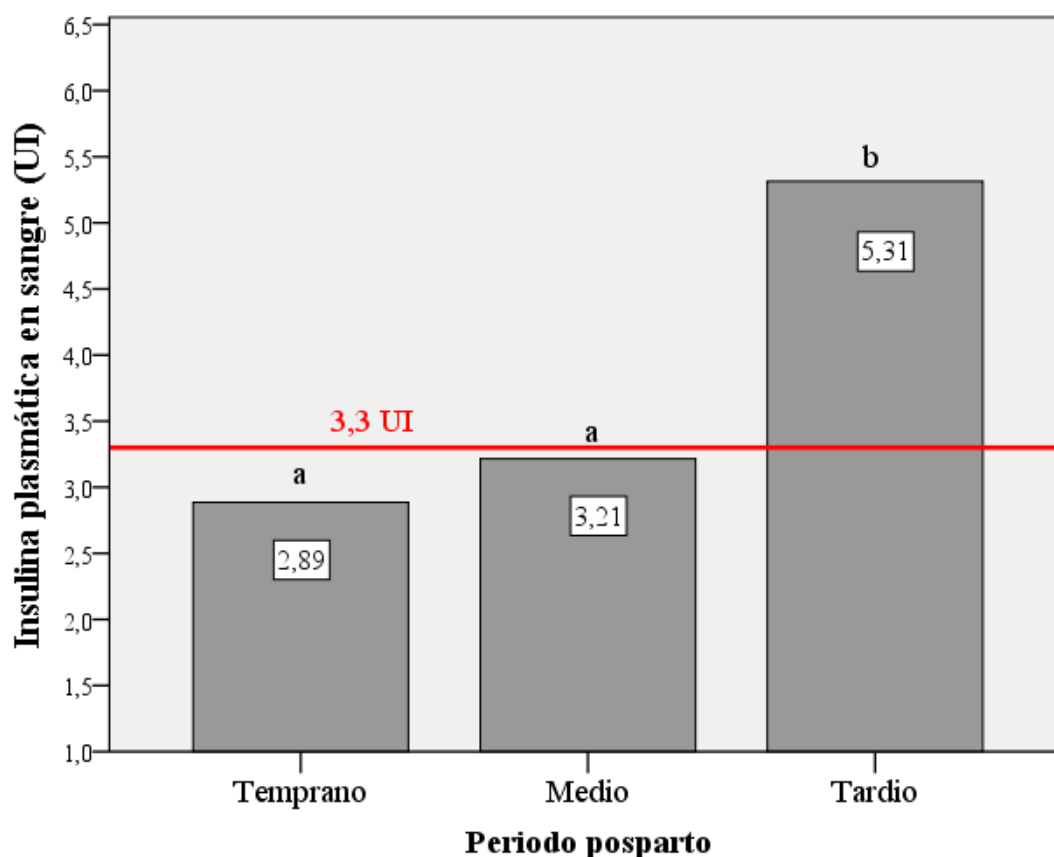
**Tabla 3.4.** Comparaciones entre parejas de los grupos conformados mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

Comparación entre parejas	Estadístico de contraste	Error estándar de la media	Desviación estándar	p-valor	p-valor ajustado
Temprano-Medio	-4,143	3,304	-1,254	0,210	<b>0,630</b>
Temprano-Tardío	-12,571	3,304	-3,805	0,000	<b>0,000</b>
Medio-Tardío	-8,429	3,304	-2,551	0,011	<b>0,032</b>

**Nota.** Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones del primer grupo y el segundo grupo son las mismas. Se muestran los p-valor (pruebas bilaterales). El nivel de significancia es de 0,05. Los valores de significación se han ajustado con la corrección de Bonferroni en varias pruebas.

Realizado por: Ulloa, Anita, 2019

Las vacas reproductoras que se encuentran en periodo de posparto temprano (entre 7 y 21 días) y en periodo de posparto medio (entre 22 y 35 días posparto) presentan niveles de insulina por debajo de 3,3 UI (presencia de BEN) diferentes estadísticamente al grupo de vacas que se encuentra en posparto tardío (vacas entre 36 y 60 días posparto) con ausencia de BEN (Grafico 2-4).



**Gráfico 2-4.** Medias de insulina plasmática en sangre (UI) para vacas lecheras agrupadas según el periodo posparto en que se encuentran (temprano, medio y tardío). \*Letras diferentes difieren estadísticamente para un  $p$ -valor $<0,05$  (Kruskal-Wallis).

Realizado por: Ulloa, Anita, 2019

Niveles de insulina por debajo de 3,3 UI indican un BEN debido al bajo nivel de insulina que se presenta en sangre, lo cual ocurre por los cambios metabólicos y fisiológicos que sufre el animal en estado de gestación, lo cual se corrobora con Meléndez y Bartolomé (2017) quienes definieron la importancia de los niveles sanguíneos de glucosa en el postparto temprano y su relación con las hormonas: insulina, IGF-I y somatotrofina.

La insulina interviene en la secreción de GnRH y LH que actúa directamente en los ovarios, influyendo sobre la sensibilidad de las gonadotrofinas, lo cual puede estar relacionado con lo planteado por Rosales et al. (2017) sobre los bajos niveles de insulina plasmática, los cuales reducen el consumo de glucosa por tejidos periféricos (adiposo y muscular) facilitándose un mayor consumo de glucosa por la glándula mamaria, porque existe decremento de insulina, por lo que, se comprueba lo señalado por Giraldo et al. (2009) sobre la disminución de las reservas para compensar el déficit energético.

En los grupos de vacas en periodos temprano y medio, la presencia de un BEN puede conducir a la pérdida de masa corporal de la reproductora, y por consiguiente una desnutrición generalizada, lo que concuerda con lo señalado por Rovers (2014) quien afirma que en un BEN, al ser mayor la salida de energía para la producción de leche que la recuperada mediante la ingestión de los alimentos; el organismo desarrolla un mecanismo de movilización de sus reservas corporales mediante la transferencia de sustratos lipídicos energéticos presentes en el tejido adiposo, hacia la circulación sanguínea. Van Saun (2008) establece que el balance de energía en vacas lecheras es el factor nutricional más crítico que impacta en la salud de los animales, la lactancia y el rendimiento reproductivo.

El bajo consumo de proteína y energía durante la gestación conlleva a una baja en la condición corporal al parto, sumado a esto el bajo consumo de alimentos durante la lactancia temprana y los crecientes requerimientos de glucosa para la producción de leche, desencadenan en un balance energético negativo (BEN), aumentando el porcentaje de vacas en anestro y un mayor tiempo entre partos. Por ello, el BEN, se estima como la causa nutricional que más interviene en los procesos reproductivos.

## 4.2 Desarrollo de estructuras ováricas

### 4.2.1 El BEN y el tamaño de los folículos

La descripción del tamaño de los folículos (mm) en reproductoras agrupadas con presencia de BEN (media de 7,04 mm con un IC entre 5,68 y 8,40 mm) y ausencia de BEN (media de 11,67 mm con un IC entre 9,71 y 13,62 mm) muestra una diferencia numérica de 4,63 mm, lo que puede conducir a una posible diferencia estadística significativa entre ambos grupos conformados (Tabla 4-4).

**Tabla 4-4.** Caracterización de las vacas lecheras con presencia o ausencia de BEN en relación al tamaño de los folículos (mm).

BEN	N	Tamaño de folículos (mm)			IC (95% de confiabilidad)	
		Media	Desviación estándar	Error estándar de la media	Inferior	Superior
Presencia	24	7,04	3,213	0,656	5,68	8,40
Ausencia	18	11,67	3,926	0,925	9,71	13,62
<b>Total</b>	<b>42</b>	<b>9,02</b>	<b>4,189</b>	<b>0,646</b>	<b>7,72</b>	<b>10,33</b>

Realizado por: Ulloa, Anita, 2019

En la comparación realizada entre los grupos conformados en relación con el BEN (presencia y ausencia) y el tamaño de los folículos (mm) mediante la prueba t Student para grupos independientes se obtiene un p-valor=0,000, valor menor a 0,05, por lo que se acepta la hipótesis que indica que las medias del tamaño de los folículos con presencia o ausencia de BEN son diferentes, lo que evidencia que el desarrollo de las estructuras ováricas depende de los desórdenes energéticos producidos en las reproductoras en el periodo posparto provocando un retraso, lo que se corresponde con lo obtenido por Henao (2001) investigador que estableció que un desbalance energético retarda la reanudación de los ciclos estrales postparto y por consiguiente una limitación en el crecimiento de los folículos ováricos (Tabla 5-4).

**Tabla 5-4.** Prueba t Student de muestras independientes para la comparación de los grupos de vacas con presencia y ausencia de BEN y el tamaño de los folículos.

Tamaño de folículos (mm)	Prueba de Levene		Prueba t para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	p-valor	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de IC	
								Inferior	Superior
Varianzas iguales	0,242	,625	-4,19	40	<b>0,000</b>	-4,625	1,102	-6,852	-2,398
Varianzas no iguales			-4,07	32,3	0,000	-4,625	1,134	-6,934	-2,316

Realizado por: Ulloa, Anita, 2019

No se produce ovulación en los dos ovarios al mismo tiempo, por ende, un folículo que llega a la dominancia puede ovular o de lo contrario se produce atresia y empieza la actividad de una nueva onda folicular.

Giraldo et al. (2009) concluyen que concentraciones bajas de insulina pueden afectar el desarrollo folicular, madurez y sensibilidad al estímulo de la hormona luteinizante (LH), lo que podría conducir a anovulación y formación de quistes y los animales no presentan signos de celo entre los 80 y 100 días de lactancia. Los niveles de insulina se presentan en concentraciones variables entre los grupos posparto.

### **Tamaño de folículos agrupados**

En la tabla de contingencia (Tabla 6-4) se obtuvo la distribución de la variable tamaño de folículos agrupado en tres categorías respecto al tamaño del ovario (diámetro 0-5 mm, de 6-9 mm y 10 mm o más) dentro de la variable BEN (presencia o ausencia), evidenciándose que dentro del grupo de vacas lecheras que presentan BEN el mayor porcentaje (41,72%) se encuentra en vacas que tienen un diámetro de folículo entre 5-9 mm y el 41,7% en las vacas agrupadas en el diámetro de 0-5 mm, generándose la hipótesis de que existe asociación probabilística entre las categorías de las dos variables, lo cual debe ser contrastado mediante la prueba no paramétrica de Chi-cuadrado.



**Tabla 6-4.** Tabla de contingencia que indica la distribución del tamaño de los folículos categorizado (0-5 mm, 5-9 mm, 10 mm o más) dentro de la variable BEN (presencia o ausencia).

Categorías de tamaño de folículos		BEN		Total
		Presencia	Ausencia	
0-5 mm	Recuento	10	1	11
	% dentro de BEN	41,7	5,6	26,2
5-9 mm	Recuento	10	3	13
	% dentro de BEN	41,72	16,7	31,0
10 mm o más	Recuento	4	14	18
	% dentro de BEN	16,7	77,8	42,9
<b>Total</b>	<b>Recuento</b>	<b>24</b>	<b>18</b>	<b>42</b>
	<b>% dentro de BEN</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

Realizado por: Ulloa, Anita, 2019

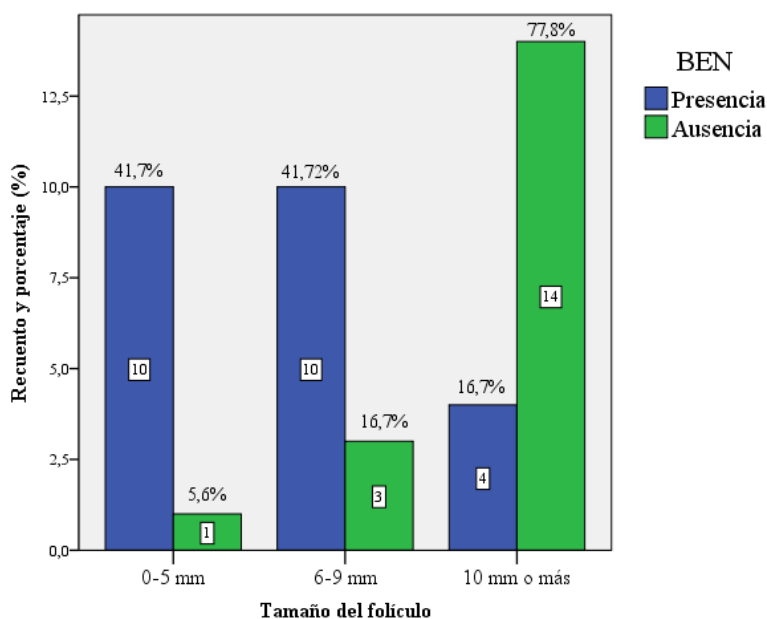
Dado que el p-valor, obtenido en la prueba Chi-cuadrado ejecutada con la finalidad de conocer si se presenta o no dependencia probabilística entre las categorías de tamaño de los folículos y el BEN (0,000), es menor a 0,05 se acepta la hipótesis que plantea que la proporción de vacas lecheras agrupadas por tamaño del folículo en los ovarios y presencia de BEN dependen una de la otra, cuestión que conduce a reforzar lo obtenido en la sección anterior, donde se estableció que una insuficiencia energética en reproductoras se relaciona con el diámetro de las estructuras ováricas (Tabla 7-4).

**Tabla 7-4.** Pruebas de Chi-cuadrado para contrastar la dependencia probabilística entre el tamaño de los folículos (categorías de 0-5 mm, 5-9 mm, 10 mm o más) dentro de la variable BEN (presencia o ausencia).

Estadísticos	Valor	df	p-valor (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	16,161	2	0,000
N de casos válidos	42		
a. 1 casillas (16,7%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 4,71.			

Realizado por: Ulloa, Anita, 2019

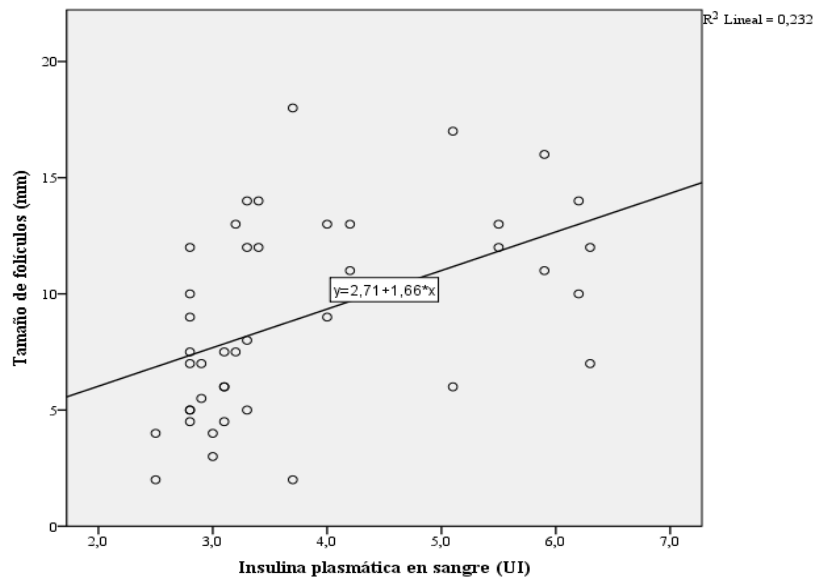
En el gráfico de barras agrupadas del (Gráfico 3-4) se resume el recuento y el porcentaje de las categorías de tamaño de los folículos dentro de presencia o ausencia de BEN.



**Gráfico 3-4.** Gráfico de barras que muestra el recuento y porcentaje de las categorías de tamaño de los folículos dentro las reproductoras con presencia o ausencia de BEN.

Realizado por: Ulloa, Anita, 2019

En el gráfico de dispersión de la Figura 13 se expone la ecuación de regresión del modelo ( $y=2,71+1,66*x$ ) y un  $R^2=0,232$ , que indica que el 23,2% de la variabilidad total del tamaño de los folículos es explicado por la variabilidad de los valores de insulina plasmática en sangre y el resto se debe a otros factores no estudiados, entre los que pueden encontrarse los ambientales, genéticos, etc.



**Gráfico 4-4.** Diagrama de dispersión que muestra la ecuación del modelo que mejor predice el tamaño de los folículos en función de los niveles de insulina plasmática en sangre. **Realizado por:** Ulloa, Anita, 2019

#### 4.2.2 El BEN y la presencia de cuerpo lúteo

Una vez categorizada la presencia de cuerpo lúteo en las reproductoras (categorías si y no) y construida la tabla de contingencia, se observa que la distribución de la variable presencia de cuerpo lúteo dentro de la categoría presencia de BEN, evidenciándose que el 33.3% de las reproductoras con presencia de cuerpo lúteo en los ovarios tienen presencia de BEN (Tabla 8-4).

**Tabla 8-4.** Tabla de contingencia que indica la distribución de las categorías de presencia de cuerpo lúteo en los ovarios dentro de BEN (presencia o ausencia).

Categorías de presencia de cuerpo lúteo en los ovarios		BEN		Total
		Presencia	Ausencia	
Sí	Recuento	8	2	10
	% dentro de BEN	33,3	11,1	23,8
No	Recuento	16	16	32
	% dentro de BEN	66,7	88,9	76,2
Total	<b>Recuento</b>	<b>24</b>	<b>18</b>	<b>42</b>
	<b>% dentro de BEN</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

**Realizado por:** Ulloa, Anita, 2019

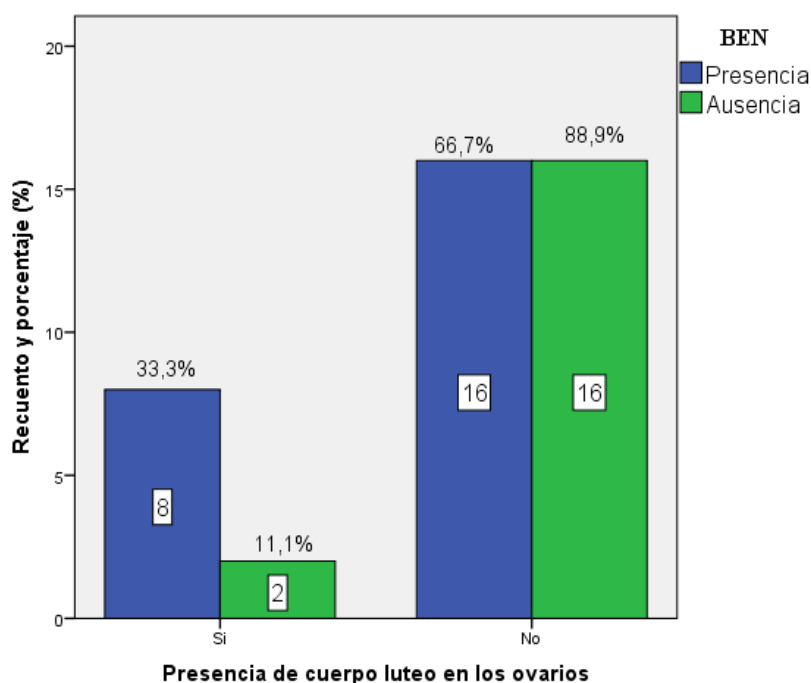
Dado que el p-valor obtenido en la prueba chi-cuadrado (0,018), es menor al nivel de significancia establecido previamente ( $\alpha=0,05$ ), se acepta la hipótesis alternativa que establece que la proporción de las categorías de presencia de cuerpo lúteo en ovarios (si o no) y la presencia o ausencia de BEN dependen una de la otra, lo que demuestra que la insuficiencia de insulina plasmática en sangre, en vacas lecheras, se asocia con la presencia de cuerpo lúteo (Tabla 9-4).

**Tabla 9-4.** Pruebas de Chi-cuadrado para contrastar la dependencia probabilística entre las categorías de presencia de cuerpo lúteo en los ovarios (si o no) y la presencia o ausencia de BEN.

Estadísticos	Valor	df	p-valor
Chi-cuadrado de Pearson	0,018	1	<b>0,018</b>
N de casos válidos	42		

Realizado por: Ulloa, Anita, 2019

El gráfico de barras agrupadas del (Gráfico 5-4) resume el recuento y el porcentaje de la presencia de cuerpo lúteo en los ovarios dentro de presencia o ausencia de BEN.



**Gráfico 5-4.** Recuento y porcentaje de la presencia de cuerpo lúteo en los ovarios dentro de presencia o ausencia de BEN.

Realizado por: Ulloa, Anita, 2019

### 4.3 El periodo posparto y la aparición del primer celo

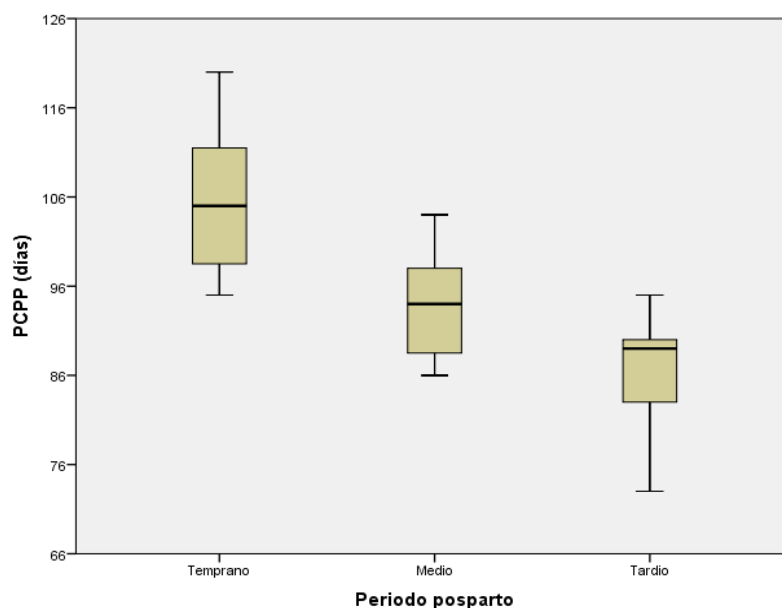
La caracterización de la variable aparición del primer celo después del parto (días) en vacas lecheras pertenecientes al hato ganadero de la Unidad Educativa de Producción Cunchibamba en función de los grupos establecidos a partir del parto, muestra una media de 106 días (Intervalo de confianza al 95% IC=97-114 días) para vacas en posparto temprano y 94 días (IC=88-100 días) para reproductoras en posparto medio (ambos grupos con presencia de BEN) y 86 días (IC=77-94 días) para vacas lecheras en posparto tardío (Tabla 10-4).

**Tabla 10-4.** Caracterización de las vacas lecheras en periodo temprano, medio o tardío en función a los días del primer celo posparto.

Periodo posparto	N° de vacas	Días al primer celo posparto (PCPP)			Intervalo de confianza (95% de confiabilidad)	
		Media	Desviación estándar	Error estándar de la media	Inferior	Superior
Temprano	7	106	9,16	3,46	97	114
Medio	7	94	6,59	2,49	88	100
Tardío	7	86	8,92	3,37	77	94
<b>Total</b>	<b>21</b>	<b>79,57</b>	<b>11,44</b>	<b>2,49</b>	<b>74,36</b>	<b>84,78</b>

Realizado por: Ulloa, Anita, 2019

Un resumen gráfico, a través de un diagrama de caja y sesgos, de la variabilidad de los días de la aparición del primer celo posparto en los grupos estudiados con presencia o no de BEN, permite evidenciar una mayor variabilidad de los datos en vacas pertenecientes al posparto temprano (rango entre 95 y 120 días) y medio (rango entre 86 y 104 días) con valores mayores al grupo de posparto tardío (rango entre 73 y 95 días), lo que puede indicar una posible relación de causalidad entre un BEN y la aparición del primer celo posparto, condición que se comprobará mediante el contraste del análisis de varianza de un factor intergrupos o la prueba H de Kruskal-Wallis (Gráfico 6-4).



**Gráfico 6-4.** Diagrama de caja y sesgos que muestran la distribución de los días al primer celo posparto en los grupos estudiados.

Realizado por: Ulloa, Anita, 2019

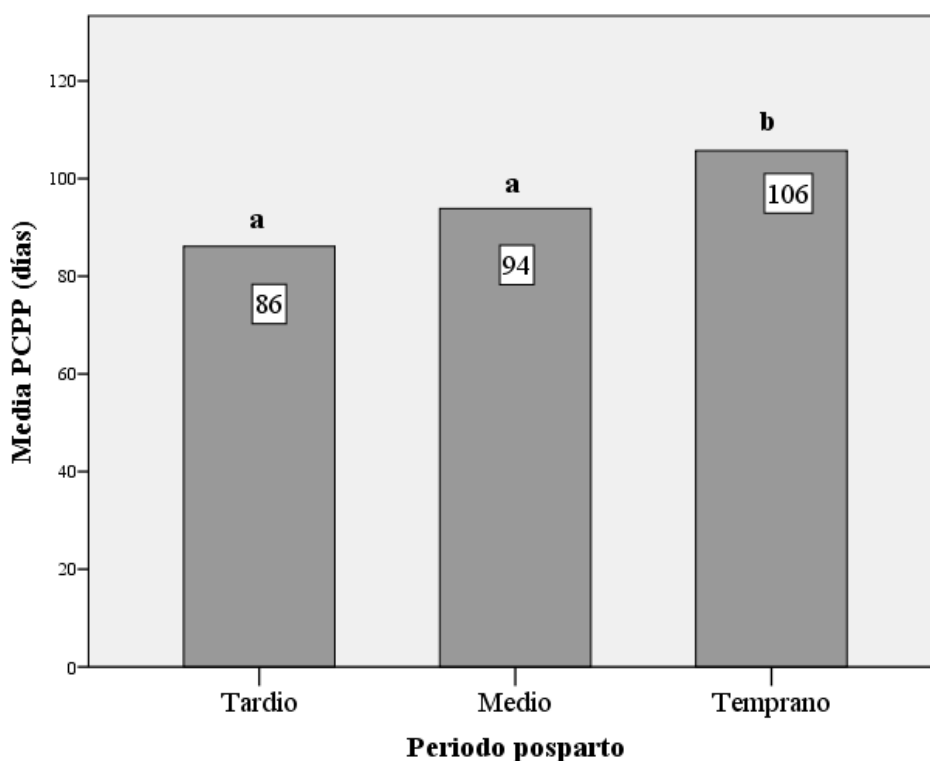
Una vez aplicados los test de Shapiro-Wilk (anexo 3), donde se obtuvo un p-valor=0,704 en posparto temprano, un p-valor=0,659 en posparto medio y un p-valor=0,171 en posparto tardío, y de Levene (anexo 4) (p-valor=0,621) para conocer la normalidad de los datos y la homogeneidad de varianzas, respectivamente; y estableciéndose el cumplimiento de ambos requisitos se comprobó mediante la aplicación del análisis de varianza de un factor intergrupos que se presenta diferencia estadísticamente significativa entre las vacas agrupadas en función de los días posteriores al parto y la presencia del primer celo posparto (p-valor=0,001) lo que puede estar condicionado por los bajos niveles de insulina ya que estas intervienen la secreción de GnRh y LH (Tabla 11-4).

**Tabla 11-4.** Análisis de varianza de un factor intersujetos para la variable PCPP (días) en función de los grupos de vacas creados a partir del periodo posparto.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1360,667	2	680,333	10,903	<b>0,001</b>
Dentro de grupos	1123,143	18	62,397		
<b>Total</b>	<b>2483,810</b>	<b>20</b>			

Realizado por: Ulloa, Anita, 2019

En la prueba de rangos y comparaciones múltiples de Duncan se conforman dos subconjuntos homogéneos, lo que muestra que el grupo de vacas en periodo posparto tardío (86 días) y medio (94 días) presentan valores menores de PCPP y diferentes estadísticamente a la media obtenida en el grupo de vacas en posparto temprano (106 días), evidenciándose que la movilización de grasa corporal y una baja cantidad de insulina plasmática se asocian con el retraso del primer celo postparto, por ello, se presenta la reducción de las tasas de preñez (Gráfico 7-4).



**Gráfico 7-4.** Presencia de celo después de parto (días) en los diferentes grupos de vacas en función del periodo posparto. \*Letras diferentes difieren estadísticamente para un p-valor <0,05 (prueba paramétrica de Duncan).

Realizado por: Ulloa, Anita, 2019

#### **4.3.1 El BEN y la presencia del primer celo posparto**

La descripción de la variable presencia de celo posparto (días) en vacas lecheras agrupadas en presencia de BEN (media de 101 días con un IC entre 94,73 y 107,27 días) y ausencia de BEN (87,56 días con un IC entre 81,59 y 93,52 días) evidencia diferencia numérica, lo que muestra indicios de una posible diferencia estadística entre los grupos

conformados y una influencia del BEN en la aparición del primer celo posterior al parto (Tabla 12-4).

**Tabla 12-4** Caracterización de las vacas lecheras con presencia o ausencia de BEN en función a la aparición del primer celo posparto (días).

BEN	N° de vacas	PCPP (días)			IC (95% de confiabilidad)	
		Media	Desviación estándar	Error estándar de la media	Inferior	Superior
Presencia	12	101,00	9,872	2,85	94,73	107,27
Ausencia	9	87,56	7,764	2,58	81,59	93,52
<b>Total</b>	21	95,24	11,144	2,43	90,17	100,31

Realizado por: Ulloa, Anita, 2019

En la comparación realizada entre los grupos conformados en relación con el BEN (presencia y ausencia) y la presencia del primer celo posparto (días) mediante la prueba t de Student de grupos independientes se obtiene un p-valor=0,003, valor menor a 0,05, por lo que se acepta la hipótesis que indica que las medias del tamaño de días para la aparición del primer celo posterior al parto en reproductoras con presencia o ausencia de BEN son diferentes estadísticamente, lo que evidencia que el desarrollo de las estructuras ováricas es retardado por las insuficiencias de energía (Tabla 13-4).

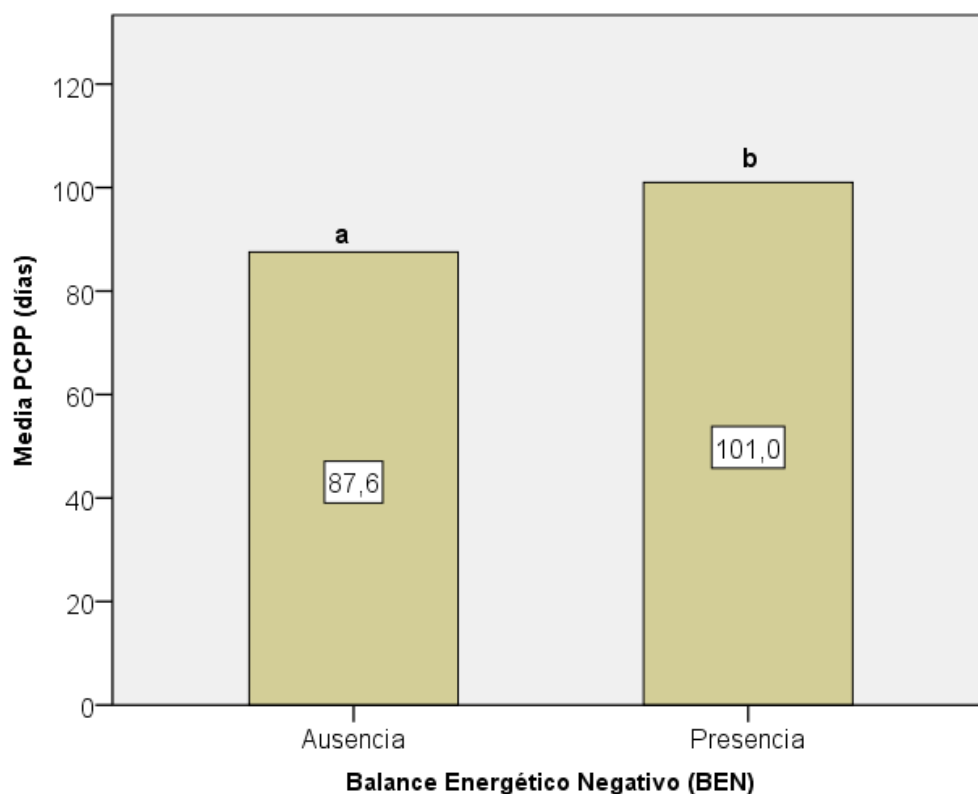
**Tabla 13-4** Prueba t de Student de muestras independientes para la comparación de los grupos de vacas con presencia y ausencia de BEN y la presencia de celo posparto (días).

PCPP (días)	Prueba de Levene		Prueba t de Student para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	p-valor	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de IC	
								Inferior	Superior
Varianzas iguales	0,98	0,33	3,3	19	<b>,003</b>	13,444	3,988	5,097	21,792
Varianzas no iguales			3,4	18,9	,002	13,444	3,850	5,385	21,504

Realizado por: Ulloa, Anita, 2019



La representación gráfica, mediante un diagrama de barras, de las medias de días para la aparición del primer celo posparto en vacas lecheras en ausencia (87,6 días) o presencia (101,0 días) de BEN evidencia diferencia estadística significativa y un mayor tiempo para la aparición del primer celo posparto, lo que concuerda con lo obtenido por Chagas et al. (2007) y Armstrong et al. (2003) quienes consideran al balance de energía como el principal factor regulador de la secreción hipotalámica de GnRH, en vacas en periodo de transición y al BEN como el fenómeno donde se presenta una reducción de la frecuencia de los pulsos de las hormonas LH, retrasándose el reinicio de los ciclos postparto (Gráfico 8-4).



**Gráfico 8-4.** Presencia de celo después de parto (días) en función de las vacas lecheras agrupadas con presencia o ausencia de BEN. \*Letras diferentes difieren estadísticamente para un p-valor <0,05 (prueba t Student para muestras independientes).

Realizado por: Ulloa, Anita, 2019

## CONCLUSIONES

1. Para la variable niveles de insulina plasmática se demostró mediante el contraste de hipótesis de Kruskal-Wallis que se presenta diferencia estadística altamente significativa ( $p\text{-valor}=0,001$ ) entre los grupos de vacas lecheras en posparto temprano (2,9 UI) y medio (3,2 UI) comparados con las reproductoras en posparto tardío (5,3 UI), siendo los primeros dos grupos afectados por la presencia de un BEN que denota deficiencias energéticas en las reproductoras que pueden generar pérdidas de peso y enfermedades metabólicas.
2. Se demostró relación de causalidad entre la presencia de BEN y el tiempo para la aparición del primer celo posparto, lo que puede estar relacionado al efecto que provocan los bajos niveles de insulina plasmática en el consumo de reservas lipídicas por las reproductoras.
3. Partiendo del contraste de hipótesis mediante el análisis de varianza de un factor intersujetos y H de Kruskal-Wallis se comprueba que la presencia de BEN en vacas lecheras influye en el desarrollo de estructuras ováricas y el tiempo de la presentación del primer celo en vacas lecheras en diferentes periodos después del parto.

## **RECOMENDACIONES**

- 1.** Realizar investigaciones sobre la influencia del balance energético negativo sobre los parámetros relativos al equilibrio catión-anión dietario y su influencia en el desempeño reproductivo, calidad inmunológica del calostro.
- 2.** Se recomienda utilizar estrategias de alimentación como la utilización de ensilaje, propilenglicol, o a la vez utilizar rumisel.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abdelattya, A. M., Iwaniukb, M. E., Pottsb, S. B., & Gadc, A. (2018). Influence of maternal nutrition and heat stress on bovine oocyte and embryo development. *International Journal of Veterinary Science and Medicine*, 6, 1-5. doi:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2314459917301369>
- Actualidad ganadera. (2017). Balance energético negativo posparto en bovinos lecheros. *Actualidad ganadera*. Obtenido de <http://www.actualidadganadera.com/biomont/articulos/balance-energetico-negativo-posparto-en-bovinos-lecheros.html>
- Agrodigital. (2019). *La producción mundial de leche seguirá creciendo, pero más moderadamente*. España. Obtenido de <http://fepale.org/infoleche/2019/01/14/la-produccion-mundial-de-leche-seguira-creciendo-pero-mas-moderadamente/>
- Akar, Y., Ahmad, N., & Muhammad, K. (2018). The effect of cadmium on the bovine in vitro oocyte maturation and early embryo development. *International Journal of Veterinary Science and Medicine*, 6, 73-77. doi:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S231445991730162X>
- Ammar, K., Abdelli, A., Raboisson, D., & Kaidi, R. (2018). Association Between Postpartum High B-Hydroxybutyrate and/or Non-Esterified Fatty Acids and Plasma Metabolites, Body Condition and Reproductive Performance in Dairy Cows. *Dairy and Vet Sci*, 5(1), 1-4. doi:10.19080/JDVS.2018.05.555654
- Argov, N., Arav, A., & Sklan, D. (2004). Number of oocytes obtained from cows by OPU in early but not late lactation increased with plasma insulin and estradiol concentrations and expression of mRNA of the FSh receptor in granulosa cells. *Theriogenology*, 61(5), 947-962. Obtenido de <https://www.deepdyve.com/lp/elsevier/number-of-oocytes-obtained-from-cows-by-opu-in-early-but-not-late-tyPrmRjJY0>
- Arias, J., Villasís, M. A., & Miranda, M. G. (2016). El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Revista Alergia México*, 63(2), 201-206.
- Armstrong, D. G., Gong, J. G., & Webb, W. (2003). Interactions between nutrition and ovarian activity in cattle: physiological, cellular and molecular mechanisms. *Reprod Suppl*, 1-12. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/8992607\\_Interactions\\_between\\_nutriti](https://www.researchgate.net/publication/8992607_Interactions_between_nutriti)

on\_and\_ovarian\_activity\_in\_cattle\_physiological\_cellular\_and\_molecular\_mechanisms

- Atkinson, O. (2016). Management of transition cows in dairy practice. *BMJ Journals. Clinical Practice Farm Animals*, 38(5). doi:<https://inpractice.bmj.com/content/38/5/229>
- Barton, B. (1996). *Determination if reproduction is affected by a nutrient imbalance*. Indiana, USA: Tri State Dairy Nutrition Conference.
- Barton, B., Rosario, H. A., Anderson, G. W., Grindle, B. P., & Carroll, D. J. (1996). Effects of dietary crude protein, breed, parity, and health status on the fertility of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 79(12), 2225-2236. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030296765992>
- Bronicki, M., Dembinski, Z., & Bronicka, A. (1996). Effect of lipid metabolism disorders on the blood progesterone level in cows in the perinatal period. *Zes Nau Akad Roln w Szc, Zoot*, 7-13.
- Butler, W. R., Everett, R. W., & Coppock, C. E. (1981). The relationships between energy balance, milk production and ovulation in postpartum holstein cows. *Journal of animal science*, 53(3), 742-748. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/15879053\\_The\\_relationships\\_between\\_energy\\_balance\\_milk\\_production\\_and\\_ovulation\\_in\\_postpartum\\_Holstein\\_cows](https://www.researchgate.net/publication/15879053_The_relationships_between_energy_balance_milk_production_and_ovulation_in_postpartum_Holstein_cows)
- Calderón, A., García, F., & Martínez, G. (2006). Indicadores de calidad de leches crudas en diferentes regiones de Colombia. *Rev. MVZ Córdoba*, 725-737. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/mvz/v11n1/v11n1a06.pdf>
- Calsamiglia, S. (2005). *Nuevos avances en el manejo y alimentación de la vaca durante el parto*. Barcelona, España: XVI Curso de Especialización FEDNA. Universidad Autónoma de Barcelona. Obtenido de [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/cria/56-alimentacion\\_y\\_manejo\\_vaca\\_parto.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria/56-alimentacion_y_manejo_vaca_parto.pdf)
- Camargo, O. (2012). *La vaca lechera: entre la eficiencia económica y la ineficiencia biológica*. Archivos de zootecnia. doi:<https://www.uco.es/ucopress/az/index.php/az/article/view/2955/1725>
- Campos, R. J., Carreño, E. S., & González, F. D. (2004). Perfil metabólico de vacas nativas colombianas. *Revista Orinoquia*, 32-40. Obtenido de

[https://www.researchgate.net/publication/274896820\\_Perfil\\_metabolico\\_de\\_vacas\\_nativas\\_colombianas](https://www.researchgate.net/publication/274896820_Perfil_metabolico_de_vacas_nativas_colombianas)

- Carmona, J., Bolívar, D., & Giraldo, L. (2005). El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. *Rev. Colomb. Cienc. Pecuarias*, 49-63. Obtenido de <https://docplayer.es/18407593-El-gas-metano-en-la-produccion-ganadera-y-alternativas-para-medir-sus-emisiones-y-aminorar-su-impacto-a-nivel-ambiental-y-productivo.html>
- Carvajal, T., Lamela, L., & Cuesta, A. (2012). Evaluación de las arbóreas *Sambucus nigra* y *Acacia decurrens* como suplemento para vacas lecheras en la Sabana de Bogotá, Colombia. *Rev. Pastos y Forrajes*, 417-430. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/303985718\\_Evaluation\\_of\\_the\\_trees\\_Sambucus\\_nigra\\_and\\_Acacia\\_decurrens\\_as\\_supplement\\_for\\_dairy\\_cows\\_in\\_the\\_Bogota\\_Savanna\\_Colombia](https://www.researchgate.net/publication/303985718_Evaluation_of_the_trees_Sambucus_nigra_and_Acacia_decurrens_as_supplement_for_dairy_cows_in_the_Bogota_Savanna_Colombia)
- Castro, S. M., Galvis, R. D., López, A., & Giraldo, J. J. (2017). Efecto del nivel de suplementación con propilenglicol durante el período de transición a la lactancia sobre actividad ovárica y desempeño reproductivo en vacas Holstein. *14(2)*. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/695/69553551004.pdf>
- Cattaneo, L., Barberis, F. C., Stangaferro, M. L., Signorini, M. L., Ruiz, M. F., Zimmermann, R., . . . Ortega, H. H. (2013). Evaluación de indicadores metabólicos y bioquímicos sanguíneos en vacas en lactancia con Enfermedad Quística Ovárica. *InVet*, 15(1), 7-15. Obtenido de <http://www.scielo.org.ar/pdf/invet/v15n1/v15n1a01.pdf>
- Celeska, I., Ulčar, I., Stojkovski, V., Dovenski, T., Mitrov, D., & Džadžovski, I. (2010). Effect of lactation on energy metabolism in dairy cows from different categories. *Mac. Vet. Rev.*, 33(2), 15-21. Obtenido de <https://www.macvetrev.mk/2010/EFFECT%20OF%20LACTATION%20ON%20ENERGY%20METABOLISM%20IN%20DAIRY%20COWS.pdf>
- Chagas, L. M., Rhodes, F. M., Blache, D., Gore, P. J., Macdonald, K. A., & Verkerk, G. A. (2006). Precalving effects on metabolic responses and postpartum anestrus in grazing primiparous dairy cows. *J. Dairy Sci.*; 89:1981–1989., 89(6), 1981–1989. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030206722652>

- Clark, C. E., Fulkerson, W. J., Nandra, K. S., Barchia, I., & MacMillan, K. L. (2005). The use of indicators to assess the degree of mobilization of body reserves in dairy cows in early lactation on a pasture-based diet. *Livest Prod Sci.*, 199–211. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301622604002842>
- Coppock, C. E. (1985). Energy Nutrition and Metabolism of the Lactating Dairy Cow. *Journal of Dairy Science*, 68(12), 3403–3410. doi:[https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(85\)81253-4/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(85)81253-4/pdf)
- Davidson, J. A., Rodríguez, L. A., Mashek, D. G., Risch, C. C., Scheurer, S. J., Pilbeam, E., & Beede, D. K. (1997). *The beginning is the most important part of the work: feeding fresh cows optimally*. Fort Wayne, Indiana, USA: Tri-State Dairy Nutrition Conference.
- DeGaris, P., & Lean, I. (2010). *Transition Cow Management*. Australia: Dairy Australia.
- Eddy, R. G. (2004). Major metabolic disorders. En A. H. Andrews, R. W. Blowey, H. Boyd, & R. Eddy, *Bovine medicine diseases and husbandry of cattle* (págs. 781-803). Oxford, USA: Blackwell Science Ltd. 2ª ed. Obtenido de <https://www.wiley.com/en-ec/Bovine+Medicine:+Diseases+and+Husbandry+of+Cattle,+2nd+Edition-p-9780470752395>
- Encalada, S. (2015). Analisis de la rentabilidad de la Ganaderia Lchere del Canton Bucay, Provincia del Guayas. Obtenido de [repositorio.ug.edu.ec/bitstream/.../TESIS%20FINAL%20ECO.%20ENCALADA.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/.../TESIS%20FINAL%20ECO.%20ENCALADA.pdf)
- Fandiño, I., Maciel, M., Quaino, O., & Gallardo, M. (2003). *Efecto de la suplementación energética preparto y del balance nutricional posparto en vacas primiparas Holstein en condiciones de pastoreo sobre la producción y la composición química de la leche*. Argentina: Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional del Litoral. Escuela de Posgrado. Estación Experimental Rafaela. Obtenido de <http://agrolluvia.com/wp-content/uploads/2009/09/r-efecto-de-la-sup-energ-preparto-y-del-balan-nutric-posparto-en-vacas-primiparas-holstein-en-condic-de-past-sobre-la-prod-y-la-comp-quimica-de-leche.pdf>
- FATRA. (2018). *El Balance Energético Negativo en la Vaca Lechera*. Florida, Buenos Aires. Obtenido de <http://www.fatrovonfranken.com/Info-Tecnica/El-Balance-Energetico-Negativo-En-La-Vaca-Lechera>

- Fernández, G. (2009). *El Periodo de Transición en la Vaca Lechera*. Cajamarca, Perú: UPG Veterinaria. Universidad Nacional de Cajamarca. Facultad de Medicina Veterinaria. Obtenido de [https://infolactea.com/wp-content/uploads/2017/01/gilberto\\_transicion.pdf](https://infolactea.com/wp-content/uploads/2017/01/gilberto_transicion.pdf)
- Filho, A. E., Souza, M., Ferreira, P. E., & Ribeiro, M. W. (2010). Balanço energético negativo. *PUBVET, Londrina*, 4(11). Obtenido de <http://www.pubvet.com.br/uploads/c10b37a309924c25000e5685adcbe92c.pdf>
- Fleming, S. A. (2015). Ketosis of ruminants (acetonemia). En B. P. Smith, *Large animal internal medicine* (págs. 1252-1258). Missouri, USA: Elsevier Mosby. Obtenido de <https://www.bookdepository.com/Large-Animal-Internal-Medicine-Bradford-P-Smith/9780323088398>
- Gallego, L. A., Mahecha, L., & Angulo, J. (2014). Potencial forrajero de *Tithonia diversifolia* Hemsl. a gray en la producción de vacas lecheras. *Agronomía Mesoamericana*, 25(2), 393-403. doi:doi 10.15517/am.v25i2.15454
- Galvis, R. D., Agudelo, D., & Saffon, A. (2007). Condición corporal, perfil de lipoproteínas y actividad ovárica en vacas Holstein en lactancia temprana. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 20(1), 16-29. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rccp/v20n1/v20n1a03.pdf>
- Galvis, R. D., Correa, H. J., & Ramírez, N. F. (2003). Interacciones entre el balance nutricional, los indicadores del metabolismo energético y proteico y las concentraciones plasmáticas de Insulina, e IGF-1 en vacas en lactancia temprana. *Rev Col Cienc Pec*, 16(3), 237-248. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3241931>
- Galvis, R., & Correa, H. (2002). Interacciones entre el metabolismo y la reproducción en la vaca lechera. ¿es la actividad gluconeogénica el eslabón perdido? *Revista Colombiana Ciencias Pecuarias*, 36-50. Obtenido de [http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/7254/1/Galvis\\_R\\_2002\\_Interacciones\\_metabolismo\\_reproducci%C3%B3n\\_vaca\\_lechera\\_actividad\\_gluconeog%C3%A9nica\\_eslab%C3%B3n%20perdido.pdf](http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/7254/1/Galvis_R_2002_Interacciones_metabolismo_reproducci%C3%B3n_vaca_lechera_actividad_gluconeog%C3%A9nica_eslab%C3%B3n%20perdido.pdf)
- García, A. (2001). *Cow longevity*. Obtenido de <http://www.abs.sdstate.edu/abs/agnews.htm>
- García, A. (2012). *Alimentación preventiva de la vaca en transición*. Dakota, USA.: South Dakota State University. College of Agriculture & Biological Sciences



- USDA. Obtenido de <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/alimentacion-preventiva-vaca-transicion-t29580.htm>
- Garmedia, J. (2005). *Suplementación estratégica de vacas de doble propósito alrededor del parto*. Maracay. Venezuela.: Facultad de Ciencias veterinarias, UCV. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/150557216/Suplementacion-Estrategica-de-Vacas-Doble-Proposito-Parto>
- Gerloff, B. J. (2000). Dry cow management for the prevention of ketosis and fatty liver in dairy cows. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 16(2), 283–292. Obtenido de [https://www.vetfood.theclinics.com/article/S0749-0720\(15\)30106-7/pdf](https://www.vetfood.theclinics.com/article/S0749-0720(15)30106-7/pdf)
- Giraldo, L. F., Echeverri, A. M., Botero, S. A., & Uribe, L. F. (2009). PARÁMETROS METABÓLICOS SÉRICOS Y CONDICIÓN CORPORAL DURANTE EL PRE Y POSPARTO EN VACAS BRAHMAN. *Revista Científica, FCV-LUZ.*, 19(4), 350-355. Obtenido de [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-22592009000400006](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592009000400006)
- Godoy, H. (2014). Agricultura y ganaderia del Ecuador. *SCRIBD*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/223853004/56603035-Agricultura-y-Ganaderia-Del-Ecuador>
- Goff. (2006). Major advances in our understanding of nutritional influence on bovine heath. *Journal Dairy Science*, 1292–301. Obtenido de <https://pubag.nal.usda.gov/pubag/downloadPDF.xhtml?id=2073&content=PDF>
- Goff, J. P., & Horst, R. L. (1997). Physiological Changes at Parturition and Their Relationship to Metabolic Disorders. *Journal of Dairy Science*, 80(7), 1260–1268. doi:10.3168/jds.S0022-0302(97)76055-7
- Hayirli, A., Grummer, R., Nordheim, E., & Crump, P. (2002). Animal and Dietary Factors Affecting Feed Intake During the Prefresh Transition Period in Holsteins. *J. Dairy Sci*, 85, 3430–3443. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/10963323/download>
- Henao, G. (2001). Reactivación ovárica postparto en bovinos. revisión. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 54(1 Y 2), 1285-1302. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/24399/24998>
- Hernández & Fernández & Baptista. (2013). *Tipos de Investigación y su clasificación*. Cúcuta: Unidos en Paz.

- Ingvarstsen, K. L. (2005). Feeding-and management-related diseases in the transition cow: Physiological adaptations around calving and strategies to reduce feeding-related diseases. *Animal Feed Science and Technology*, 126(3-4), 175–213. doi:<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.08.003>
- Jairo, H. J. (2011). *Efecto del manejo del pastoreo y la suplementación alimenticia en vacas lactantes de sistemas especializados sobre su metabolismo energético y proteico y el contenido de proteína en la leche*. Bogotá: Tesis de doctorado. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/5273/1/hectorjairocorreacardona.2011.parte1.pdf>
- Kampl, B., Zdelar, F., Pracny, G., & Martincic, T. (1995). Relationship between concentrations of fat in milk, and very low density lipoproteins cholesterol fraction in blood and incidence of productive diseases in dairy cows. *Vet-Arhiv*, 149-154.
- Kaneko, J. J., Harvey, J. W., & Bruss, M. L. (1997). *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*. San Diego, USA: Editorial Academic Press. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123963055500051>
- Kim, K. H., Kim, D. H., Oh, Y. Q., Lee, S. S., Lee, H. J., Kim, D. W., . . . Kimura, N. (2010). Productivity and energy partition of late lactation dairy cows during heat exposure. *Animal Science Journal*, 8(1), 58–62. doi:[https://www.researchgate.net/publication/41465220\\_Productivity\\_and\\_energy\\_partition\\_of\\_late\\_lactation\\_dairy\\_cows\\_during\\_heat\\_exposure](https://www.researchgate.net/publication/41465220_Productivity_and_energy_partition_of_late_lactation_dairy_cows_during_heat_exposure)
- Knaus, W. (2009). Dairy cows trapped between performance demands and adaptability. *J Sci Food Agric*, 89, 1107-1114. Obtenido de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsfa.3575>
- Lean, I. J., Van Saun, R., & Degaris, P. J. (2013). Energy and protein nutrition management of transition dairy cows. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.*, 29(2), 337-366. doi:10.1016/j.cvfa.2013.03.005
- LeBlanc, C. (2014). Managing transition period health for reproductive performance in dairy cows. *Cattle Practice*, 21, 209-215. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/285944926\\_Managing\\_transition\\_period\\_health\\_for\\_reproductive\\_performance\\_in\\_dairy\\_cows](https://www.researchgate.net/publication/285944926_Managing_transition_period_health_for_reproductive_performance_in_dairy_cows)

- LeBlanc, S. (2010). Monitoring Metabolic Health of dairy cattle in the transition period. *Journal of reproduction and development*, 56, 29-35. Obtenido de [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jrd/56/S/56\\_1056S29/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jrd/56/S/56_1056S29/_pdf)
- López, A., & Barriga, D. (2016). *La Leche, composición y características*. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera.
- MAGAP. (2014). La producción lechera en Ecuador genera \$ 1.600 millones en ventas anuales. *El Telégrafo*. Obtenido de <https://www.letelegrafo.com.ec/noticias/economia/8/la-produccion-lechera-en-ecuador-genera-1-600-millones-en-ventas-anuales-infografia>
- MAGAP. (2016). 5,4 millones de litros de leche se producen al día. *El Telegrafo*. Obtenido de <http://www.letelegrafo.com.ec/noticias/economia/1/5-4-millones-de-litros-de-leche-se-producen-al-dia>
- MAGAP. (2017). *Tungurahua: En Yanayacu incentivan el cultivo de semilla de papa mejora y la producción de leche*. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Quito, Ecuador: Gobierno de la República del Ecuador. Obtenido de <https://www.agricultura.gob.ec/tungurahua-en-yanayacu-incentivan-el-cultivo-de-semilla-de-papa-mejora-y-la-produccion-de-leche/>
- Martens, H. (2012). *La vaca lechera ¿un aumento del rendimiento sin límites?* Berlín, Alemania: Universidad Libre de Berlín. Obtenido de [http://www.basfanimalnutrition.de/es/news\\_2012\\_04\\_15.php](http://www.basfanimalnutrition.de/es/news_2012_04_15.php)
- Matthew, C. L. (2008). Repartición de los nutrientes y función Reproductiva en vacas lecheras. *Taurus, Bs. As*, 10(40), 4-18.
- Maynard, L. A., Looski, J. K., Hintz, H. F., & Warner, R. G. (1989). *Nutrición Animal*. México: Mc Graw-Hill.
- Meléndez, P., & Bartolomé, J. (2017). Avances sobre nutrición y fertilidad en ganado lechero: Revisión. *Rev Mex Cienc Pecu.*, 8(4), 407-417. Obtenido de <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/4160>
- Mordak, R., & Stewart, P. S. (2015). Periparturient stress and immune suppression as a potential cause of retained placenta in highly productive dairy cows: examples of prevention. *Acta Vet Scand*. doi:<https://doi.org/10.1186/s13028-015-0175-2>
- Moya, J. R., & Coppock, C. (1997). Efecto de dos sistemas de alimentación preparto en el comportamiento lechero de vacas Holstein al principio de la lactación.

- Universidad de Puerto Rico y Texas. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.*, 5(1), 167-169.  
Obtenido de <http://alpa.org.ve/PDF/Arch%2005%20Suplemento/NR24.pdf>
- Mulligan, F. J., O'Grady, L., Rice, D. A., & Doherty, M. L. (2006). A herd health approach to dairy cow nutrition and production diseases of the transition cow. *Animal Reproduction Science*, 96, 331–353. Obtenido de <http://www.whff.info/documentation/documents/whc2008/Herd%20Health%20a%20pproach%20to%20dairy%20cow%20nutrition%20and%20production%20diseas%20es%20of%20the%20transition%20cow.%20Dr%20F%20Mulligan.pdf>
- Muñiz, R. (2016). Marketing en el Siglo XXI. *Capítulo 5: La distribución mercado y clientes*, 5a Edi. Obtenido de <http://www.marketing-xxi.com/canales-de-distribucion-63.htm>
- Murad, S. (2013). *La Leche y sus propiedades nutricionales*. Obtenido de <https://www.zonadiet.com/bebidas/leche.htm>
- National Research Council. (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle*. Washington, DC, USA: 7th ed. National Academy Press. Obtenido de <https://profsite.um.ac.ir/~kalidari/software/NRC/HELP/NRC%202001.pdf>
- Noordhuizen, J. (2004). Managing nutrition to improve the metabolic health and reproduction of dairy cows. *Proceedings of the 46th Nottingham University Feed Conference, Nottingham, Ukrania*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/267566752\\_Managing\\_nutrition\\_to\\_improve\\_metabolic\\_health\\_and\\_reproduction\\_in\\_dairy\\_cattle](https://www.researchgate.net/publication/267566752_Managing_nutrition_to_improve_metabolic_health_and_reproduction_in_dairy_cattle)
- Noro, M., Cid, P., Wagemann, C., Arnés, V., & Wittwer, F. (2013). Valoración diagnóstica de enzimas hepáticas en perfiles bioquímicos sanguíneos de vacas lecheras. *Revista MVZ Córdoba*, 18(2), 3474-3479. doi:<http://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/revistamvz/article/view/170>
- Obese, F. Y., Rabiee, A., Humphrys, S., Macmillan, K., & Egan, A. (2018). Blood metabolite profile in Holstein-Friesian cows fed diets varying in dry matter and metabolizable energy density during early lactation. *Comparative Clinical Pathology*, 27(5), 1191–1197. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s00580-018-2720-7>
- Orozco, M. (2016). Juan Pablo Grijalva: 'El sector lechero puede exportar más'. *Revista Lideres*. Obtenido de <http://www.revistalideres.ec/lideres/juanpablogrijalva-sectorlechero-expotaciones.html>

- Osorio, J. H., & Vinazco, J. (2010). El metabolismo lipídico bovino y su relación con la dieta, condición corporal, estado productivo y patologías asociadas. *Biosalud*, 56-66. Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1657-95502010000200007](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-95502010000200007)
- Patton, R. A., Bucholtz, H. F., & Schmidt, M. K. (1988). *Body condition scoring: a management tool*. Michigan, USA: Dairy Guide.
- Pushpakumara, P. G., Gardner, N. H., Reynolds, C. K., Beever, D. E., & Wathes, D. C. (2003). Relationships between transition period diet, metabolic parameters and fertility in lactating dairy cows. *Theriogenology*, 60(6), 1165-1185. doi:<http://centaur.reading.ac.uk/9074/>
- Radostits, O. M., Gay, C., Hinchcliff, K. W., & Constable, P. D. (2006). Metabolic diseases. En *Veterinary medicine. A textbook of the diseases of cattle, sheep, goats, pigs and horses* (págs. 1613-1678). Edimburgo: Edimburgo: Saunders Elsevier.
- Ramírez, O. (2013). *Efecto del Balance Energético Negativo (BEN) en la eficiencia reproductiva en vacas lecheras*. Obtenido de <http://docplayer.es/11350334-Efecto-del-balance-energetico-negativo-ben-en-la-eficiencia-reproductiva-en-vacas-lecheras.html>
- Ramirez, S. (2016). La industria produce mas y consume menos. *Revista Lideres*. Obtenido de [www.revistalideres.ec/lideres/crecimiento-Produccion-disminucion-ventas-ecuador.html](http://www.revistalideres.ec/lideres/crecimiento-Produccion-disminucion-ventas-ecuador.html)
- Reece, W. O. (2015). Physiology of skeletal muscle. En E. H. Reece WO, *Dukes' physiology of domestic animals* (págs. 263-273). Iowa, USA: John Wiley & Sons, Inc. 13ª ed. Obtenido de <https://www.xoobooks.com/book/dukes-physiology-of-domestic-animals-13th-edition/>
- Reyes., A. (2005). *Cadenas productivas: Su valor estratégico*. DesignMecanico3D. Obtenido de <http://mx.groups.yahoo.com/group/DesignMecanico3D/message/3146>.
- Risco, C. A., & Melendez, P. (2011). Diseases that affect the reproductive performance of dairy cattle. En C. A. Risco, & P. Melendez, *Dairy production medicine*. (págs. 123-131). Iowa, USA: John Wiley & Sons, Inc. doi:<https://doi.org/10.1002/9780470960554.ch10>

- Rosales, C., Chamba-Ochoa, H., Chávez, R., Pesántez, M., & Benítez, E. (2017). Niveles de insulina y glucosa como indicadores de eficiencia reproductiva y productiva en vacas posparto. *REDVET Revista Electrónica de Veterinaria.*, 18(3). Obtenido de <http://www.veterinaria.org/revistas>
- Rovers, M. (2014). La cetosis en vacas lecheras y el rol de la colina. *AgriNews*. Obtenido de <https://agrinews.es/2014/04/22/la-cetosis-en-vacas-lecheras-y-el-rol-de-la-colina/>
- Rueda, S., Taborda, L., & Correa, H. (2006). Relación entre el flujo de proteína microbiana hacia el duodeno y algunos parámetros metabólicos y productivos en vacas lactantes de un hato lechero del Oriente Antioqueño. *Rev. Colomb. Ciencias Pecuarias*, 27-38. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/44967942\\_Relacion\\_entre\\_el\\_flujo\\_de\\_proteina\\_microbiana\\_hacia\\_el\\_duodeno\\_y\\_algunos\\_parametros\\_metabolicos\\_y\\_productivos\\_en\\_vacas\\_lactantes\\_de\\_un\\_hato\\_lechero\\_del\\_Oriente\\_Antioqueno](https://www.researchgate.net/publication/44967942_Relacion_entre_el_flujo_de_proteina_microbiana_hacia_el_duodeno_y_algunos_parametros_metabolicos_y_productivos_en_vacas_lactantes_de_un_hato_lechero_del_Oriente_Antioqueno)
- Saborío, A., & Sánchez, J. M. (2014). Evaluación de la condición corporal en un hato de vacas Jersey en pastoreo de la zona alta de Cartago. Variaciones durante el ciclo productivo. *Revista de ciencias agrícolas*, 38(1), 55-65. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4859930>
- Sánchez, J. M. (2000). Nutrición energética del ganado lechero. *Nutrición Animal Tropical*, 6(1). Obtenido de [http://www.cina.ucr.ac.cr/recursos/docs/Revista/nutricion\\_energetica\\_del\\_ganado\\_lechero.pdf](http://www.cina.ucr.ac.cr/recursos/docs/Revista/nutricion_energetica_del_ganado_lechero.pdf)
- Sánchez, J. M., & Montero, A. S. (2014). Prevalencia de hipocalcemia en cuatro hatos Jersey en pastoreo en Costa Rica. *Revista de ciencias agrícolas*, 38(2), 33-41. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5018175>
- Sánchez, J. M., & Soto, H. (1998). *Estimación de la calidad nutricional de los forrajes del Cantón de San Carlos. Energía para la producción de leche*. Obtenido de [http://www.cina.ucr.ac.cr/recursos/docs/Revista/estimacion\\_de\\_la\\_calidad\\_nutricional\\_de\\_los\\_forrajes\\_del\\_canton\\_de\\_san\\_carlos\\_energia\\_para\\_la\\_produccion\\_de\\_leche.pdf](http://www.cina.ucr.ac.cr/recursos/docs/Revista/estimacion_de_la_calidad_nutricional_de_los_forrajes_del_canton_de_san_carlos_energia_para_la_produccion_de_leche.pdf)
- Schüller, L. K., Burfeind, O., & Heuwieser, W. (2014). Impact of heat stress on conception rate of dairy cows in the moderate climate considering different temperature–humidity index thresholds, periods relative to breeding, and heat

- load índices. *Theriogenology*, 81(8), 1050-1057.  
doi:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0093691X14000624>
- Sepulveda, P., Weary, D. M., Noro, M., & von Keyserlingk, M. A. (2015). Transition diseases in grazing dairy cows are related to serum cholesterol and other analytes. *Plos One*, 1-13. doi:<http://dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.1162909>.
- Sepúlveda, P., Wittwer, F., & Meléndez, P. (2017). *Período de transición: importancia en la salud y bienestar de vacas lecheras*. Valdivia, Chile: Proyecto “Desarrollo e implementación de indicadores y planes de acción para mejorar la salud y bienestar de vacas. Obtenido de <http://www.consorciolachero.cl/industria-lactea/wp-content/uploads/2017/11/periodo-de-transicion.pdf>
- Silva, C. F., Sartorelli, E. S., Castilho, A. C., Satrapa, R. A., Puelker, R. Z., Razza, E. M., . . . Barros, C. M. (2013). Effects of heat stress on development, quality and survival of *Bos indicus* and *Bos taurus* embryos produced in vitro. *Theriogenology*, 79(2), 351-357.  
doi:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0093691X12005663>
- Solarte, C., Rosero, C., & Eraso, Y. (2012). Comparación de metodologías moleculares para identificar el gen de la kappa caseína en ganado Holstein. *Rev. MVZ Córdoba*, 2878-2883. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/277265116\\_Comparacion\\_de\\_metodologias\\_moleculares\\_para\\_identificar\\_el\\_gen\\_de\\_la\\_kappa\\_caseina\\_en\\_ganado\\_Holstein](https://www.researchgate.net/publication/277265116_Comparacion_de_metodologias_moleculares_para_identificar_el_gen_de_la_kappa_caseina_en_ganado_Holstein)
- Sommer, H. (1999). *The role of the metabolic profile test in the control of cattle feeding, Magyar Állatorvosok Lapja. Memorias del Segundo Seminario Internacional en reproducción y metabolismo de la vaca lechera*. Caldas: Manizales: Universidad de Caldas.
- Sordillo, L. M., & Mavangira, V. (2014). The nexus between nutrient metabolism, oxidative stress and inflammation in transition cows. *Ani Prod Sci*, 1204–1214. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/265714318\\_The\\_nexus\\_between\\_nutrient\\_metabolism\\_oxidative\\_stress\\_and\\_inflammation\\_in\\_transition\\_cows](https://www.researchgate.net/publication/265714318_The_nexus_between_nutrient_metabolism_oxidative_stress_and_inflammation_in_transition_cows)
- Stalling, C. (1999). *Transition Cow Nutrition*. Virginia, USA: Poceedings Virginia Tech. Feed and Nutritional Management Cow College.

- Staples, C. R., & Thatcher, W. W. (2014). Nutrient Influences on Reproduction of Dairy Cows. *Animal Sciences* . Obtenido de <https://www.txanc.org/docs/Nutrient-Influences-on-Reproduction-of-Dairy-Cows.pdf>
- Van Saun, R. J. (2008). Metabolic Profiling. En D. E. Anderson, & M. Rings, *Current Veterinary Therapy-Food Animal Practice*. St. Louis, Missouri: Saunders Elsevier. 5th. Obtenido de <https://extension.psu.edu/metabolic-profiling>
- Vargas, D., Murillo, J., Hueckman, F., & Romero, J. J. (2016). Valores de la relación grasa/proteína y nitrógeno ureico en leche de vacas lecheras de la zona norte de Alajuela y Heredia, Costa Rica. *Revista Ciencias Veterinarias*, 34(2), 67-80. doi:[https://www.researchgate.net/profile/Juan\\_Romero17/publication/312512212\\_Valores\\_de\\_la\\_relacion\\_grasaproteina\\_y\\_nitrogeno\\_ureico\\_en\\_leche\\_de\\_vacas\\_lecheras\\_de\\_la\\_zona\\_norte\\_de\\_Alajuela\\_y\\_Heredia\\_Costa\\_Rica/links/588f4a7ea6fdcc8e63cbc3f1/Valores-de-la-rela](https://www.researchgate.net/profile/Juan_Romero17/publication/312512212_Valores_de_la_relacion_grasaproteina_y_nitrogeno_ureico_en_leche_de_vacas_lecheras_de_la_zona_norte_de_Alajuela_y_Heredia_Costa_Rica/links/588f4a7ea6fdcc8e63cbc3f1/Valores-de-la-rela)
- Villa-Godoy, A., Hughes, T. L., Emery, R. S., Chapin, L. T., & Fogwell, R. L. (1988). Association Between Energy Balance and Luteal Function in Lactating Dairy Cows. *Journal Dairy Science*, 71, 1063-1072. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/34848176\\_Influence\\_of\\_negative\\_energy\\_balance\\_and\\_body\\_condition\\_on\\_luteal\\_function\\_and\\_estrous\\_behavior\\_in\\_dairy\\_cattle](https://www.researchgate.net/publication/34848176_Influence_of_negative_energy_balance_and_body_condition_on_luteal_function_and_estrous_behavior_in_dairy_cattle)
- Zenobi, M. G., Gardinal, R., Zuniga, J. E., Días, A. L., Nelson, C. D., Driver, J. P., . . . Staples, J. P. (2018). Effects of supplementation with ruminally protected choline on performance of multiparous Holstein cows did not depend upon prepartum caloric intake. *J. Dairy Sci.*, 1088–1110. doi:<https://doi.org/10.3168/jds.2017-13327>



## ANEXOS.

**Anexo A. Prueba de normalidad de datos para la variable Insulina plasmática en sangre (UI) dentro de cada periodo de posparto.**

<b>Periodo posparto</b>	<b>Kolmogorov-Smirnov<sup>a</sup></b>			<b>Shapiro-Wilk</b>		
	<b>Estadístico</b>	<b>gl</b>	<b>Sig.</b>	<b>Estadístico</b>	<b>gl</b>	<b>Sig.</b>
Temprano	0,200	7	0,200*	,905	7	0,362
Medio	0,197	7	0,200*	,911	7	0,403
Tardío	0,171	7	0,200*	,900	7	0,328

**Anexo B. Prueba de homogeneidad de varianzas para la variable niveles de Insulina plasmática en sangre (UI) dentro de cada periodo de posparto.**

<b>Estadístico de Levene</b>	<b>gl1</b>	<b>gl2</b>	<b>p-valor</b>
8,940	2	18	<b>0,002</b>

**Anexo C. Prueba de normalidad de datos para la variable presencia del primer celo posparto dentro de cada periodo posparto.**

<b>Periodo posparto</b>	<b>Kolmogorov-Smirnov<sup>a</sup></b>			<b>Shapiro-Wilk</b>		
	<b>Estadístico</b>	<b>gl</b>	<b>Sig.</b>	<b>Estadístico</b>	<b>gl</b>	<b>Sig.</b>
Temprano	0,197	7	0,200*	0,947	7	0,704
Medio	0,164	7	0,200*	0,942	7	0,659
Tardío	0,309	7	0,042	0,866	7	0,171

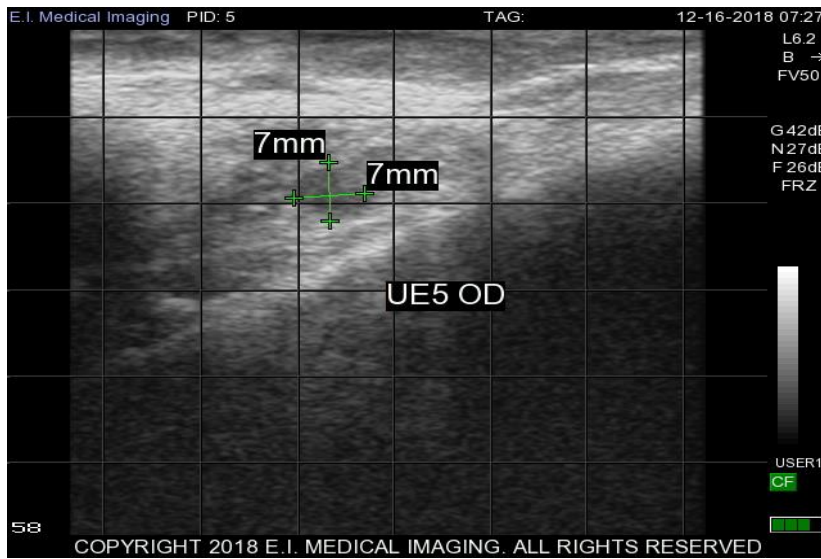
**Anexo D. Prueba de homogeneidad de varianzas para la variable presencia del primer celo posparto dentro de cada periodo posparto.**

<b>Estadístico de Levene</b>	<b>gl1</b>	<b>gl2</b>	<b>p-valor</b>
0,489	2	18	0,621

**Anexo E. Toma de muestras de sangre.**



**Anexo F. Ecografía que muestra el tamaño de la estructura ovárica.**



**Anexo G. Resultados del laboratorio clínico sobre la variable niveles de insulina plasmática en sangre en cada grupo de vacas conformado.**



## LABORATORIO CLÍNICO COMPUTARIZADO AMBATO

ANÁLISIS CLÍNICOS - BACTERIOLÓGICOS - HORMONALES - OCUPACIONALES - PRUEBAS ESPECIALES - MONITOREO DE DROGAS - ADN

### EXAMENES DE INSULINAS EN VACAS

05-12-2018

GRUPO 1 ( 7 - 21 DIAS)

3.0 uUI/ml

3.1 uUI/ml

2.8 uUI/ml

2.8 uUI/ml

3.1 uUI/ml

2.9 uUI/ml

2.5 uUI/ml



Castiño 07-10 y Juan B. Vele Edificio EDIPOS Of. 101 - Telf. 3422182 - 0986730623  
PO BOX 1067. Email: laborcompu@hotmail.com  
AMBATO - ECUADOR



## LABORATORIO CLÍNICO COMPUTARIZADO AMBATO

ANÁLISIS CLÍNICOS - BACTERIOLÓGICOS - HORMONALES - OCUPACIONALES - PRUEBAS ESPECIALES - MONITOREO DE DROGAS - ADN





**LABORATORIO CLÍNICO COMPUTARIZADO AMBATO**  
ANÁLISIS: CLÍNICOS - BACTERIOLÓGICOS - HORMONALES - OCUPACIONALES - PRUEBAS ESPECIALES - MONITOREO DE DROGAS - AON

**EXAMENES DE INSULINAS EN VACAS**

05-12-2018

GRUPO 2 (22 - 35 DIAS)

3.2 uUI/ml

3.3 uUI/ml

2.8 uUI/ml

3.7 uUI/ml

3.4 uUI/ml

3.3 uUI/ml

2.8 uUI/ml



Castillo 07-10 y Juan B. Vele Edificio EDPOB Of. 101 - Tel. 2432182 - 0986730823  
PO BOX 1067, Email: laboratorio@hotmai.com  
AMBATO - ECUADOR



**LABORATORIO CLÍNICO COMPUTARIZADO AMBATO**  
ANÁLISIS: CLÍNICOS - BACTERIOLÓGICOS - HORMONALES - COLEPACONIALES - PRUEBAS ESPECIALES - MONITOREO DE DROGAS - ADM

#### EXAMENES DE INSULINAS EN VACAS

05-12-2018

GRUPO 3 (36 - 60)

5.9 uUI/ml

5.5 uUI/ml

6.3 uUI/ml

6.2 uUI/ml

5.1 uUI/ml

4.2 uUI/ml

4.0 uUI/ml

METODO: Electroquimiluminiscencia

## **Anexo H. Estrategias de alimentación en vacas periparto**

Algunos estudios mencionan que vacas exclusivamente en pastoreo pueden consumir en materia seca de 3.25% a 3.5% del peso corporal, siempre que no exista limitantes en cuanto a la cantidad y calidad del pasto ofrecido. Tener un limitado o insuficiente en el comedero incrementa el tiempo en que la vaca permanece en el comedero y reduce su consumo de alimento ocasionando un problema en el periodo de preparto. Lo recomendable sería:

- Tener un espacio en el comedero que permita comer al mismo tiempo (80 cm lineal).
- Disponibilidad de alimento fresco y palatable
- Tener suficiente agua fresca, bebederos limpios y de fácil acceso
- Evitar el movimiento innecesario de los animales
- Proporcionar fibra en cantidad y calidad adecuada, tamaño de 7-10cm
- Suplementar con alimento a base de pastos y concentrados.

### **PASTOREO:**

- Aumentar el tiempo total de pastoreo
- Las vacas que reciben una ración en la tarde logran mayor consumo y dedican una mayor cantidad de tiempo total de pastoreo a pastorear en la tarde y noche cuando los niveles de materia seca y carbohidratos solubles en las pasturas son mayores
- Tener alimento permanente
- Buena condición de la pastura

### **Impacto del ayuno y el tiempo de acceso sobre variables productivas y reproductivas**

Incremento en el tiempo de acceso a la pastura y de asignación en la producción de leche se notó que las vacas que pastoreaban libre las 11 horas-15 horas obtuvieron lograr mayores tasas de consumo lo que reflejan un pastoreo más eficiente.

### **Manejo de la alimentación**

Con la Hipótesis de que el nivel y tipo de suplementación durante el periparto podría enfrentar un desempeño productivo y reproductivo, se puede desarrollar estrategias.

1.- Suplementación con grano de maíz partido más pasturas.

2.- Campo natural y heno a voluntad

1. A La primera opción es utilizar la suplementación de maíz, en el preparto, mejoraron su condición corporal en 0.25 punto, mayores niveles de insulina, IGF-1 y leptina mejoran su estatus endocrino y metabólico mayor cantidad de leche.

En los sistemas de confinamiento se puede emplear forrajes concentrados, ensilajes subproductos de cosecha de granos y concentrados son integrados como sobrealimentación.

Se recomienda mantener los niveles adecuados de vitamina e y la incorporación de vitamina E en el concentrado de 3000 UI/ día IM entre 5 y 10 días previos al parto, el uso de antioxidantes puede evitar estrés del periparto. A continuación detallo los siguientes productos:

<b>Estrategias de alimentación en vacas en periparto</b>	
<b>Producto</b>	<b>Dosis</b>
Propilenglicol	600g/vaca/día
Propionato de calcio	200g/vaca/día
Ensilaje de maíz	1kg/vaca/día